

## Trabajo Fin de Máster

Metodologías activas para una mejora en el  
contexto de la enseñanza

Active methodologies for an  
improvement in the teaching context

Autor/es

Karin Garcés Leonard

Director/es

María Teresa Medrano San Ildefonso

FACULTAD DE EDUCACIÓN

Año 2020



# INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. JUSTIFICACIÓN DE LOS TRABAJOS SELECCIONADOS.....	6
3. PRESENTACIÓN DE LOS TRABAJOS SELECCIONADOS .....	17
3.1. PRESENTACIÓN TRABAJO 1. Proyecto de Innovación docente:.....	17
3.2. PRESENTACIÓN TRABAJO 2. Propuesta didáctica para el aprendizaje de El sonido. 22	
4. RELACIÓN/CONEXIÓN ENTRE LOS TRABAJOS. REFLEXIONES .....	28
5. CONCLUSIONES.....	34
6. BIBLIOGRAFÍA.....	36
ANEXO 1. CUESTIONES PREVIAS (trabajo 1) .....	42
ANEXO 2. INSTRUCCIONES PARA QUE LOS ALUMNOS TRABAJEN EN CASA para el trabajo 1 .....	43
ANEXO 3. BANCO DE ACTIVIDADES para el trabajo 1 .....	44
ANEXO 4. EVALUACIÓN para el trabajo 1 .....	67
ANEXO 5. RÚBRICAS DE VALORACIÓN para el trabajo 1 .....	68
ANEXO 6. ENCUESTA DE EVALUACIÓN ALUMNNOS para el trabajo 1 .....	74
ANEXO 7. DOCUMENTO PARA LOS ALUMNOS SOBRE LA ACIDIFICACIÓN DE LOS OCÉANOS para el trabajo 1.....	76
ANEXO 8. PRESENTACIÓN PARA QUE LOS ALUMNOS TRABAJEN EN CASA (parte correspondiente a flipped classroom) para el trabajo 1 .....	84
ANEXO 9. Fragmento del currículo de Física y Química de 4º de ESO (Orden ECD/489/2016, de 26 de mayo) .....	108
ANEXO 10: OBJETIVOS, CONTENIDOS Y DIFICULTADES DE APRENDIZAJE para el trabajo 2 .....	109
ANEXO 11. SECUENCIACIÓN DE ACTIVIDADES para el trabajo 2.....	113
PRIMERA SESIÓN .....	113
Actividad 1. SONDEOS PREVIOS: IDEAS ALTERNATIVAS Y CONOCIMIENTOS PREVIOS SOBRE EL SONIDO .....	113
SEGUNDA SESIÓN.....	115
Actividad introductoria: INTRODUCCIÓN AL SONIDO. TIPOS DE ONDA, ECUACIÓN DE ONDA Y MAGNITUDES ASOCIADAS.....	115
TERCERA SESIÓN.....	119
ACTIVIDADES DE DESARROLLO: Estudio cualitativo de algunas propiedades del sonido: PRIMERA PARTE: REFLEXIÓN DEL SONIDO Y APLICACIONES ASOCIADAS A ESTE FENÓMENO .....	119

CUARTA SESIÓN .....	125
ACTIVIDAD DE DESARROLLO: Estudio cualitativo de algunas propiedades del sonido: SEGUNDA PARTE: INTERFERENCIAS Y EFECTO DOPPLER.....	125
QUINTA SESIÓN .....	132
Actividad de desarrollo: PRÁCTICA DE LABORATORIO: CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DEL SONIDO EN EL AIRE Y EN SÓLIDOS .....	132
SEXTA SESIÓN.....	133
Actividad de desarrollo. PERCEPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL SONIDO .....	133
SEPTIMA SESIÓN.....	137
Actividades de ampliación: LA RESONANCIA Y LOS ARMÓNICOS .....	137
ANEXO 12. EVALUACION para el trabajo 2 .....	145
ANEXO 13. RÚBRICAS DE VALORACIÓN para el trabajo 2 .....	147
ANEXO 14. ENCUESTA DE EVALUACIÓN ALUMNNOS para el trabajo 2 .....	149
ANEXO 15. REFUERZOS ADICIONALES DEL CONTENIDO TRABAJADO para el trabajo 2 .....	151
ANEXO 16: GUION DE PRÁCTICAS para el trabajo 2 .....	152
DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DE LA VELOCIDAD DEL SONIDO EN EL AIRE Y EN DOS SÓLIDOS.....	152
ANEXO 17: Fragmento del currículo de Física de 2º de bachillerato (Orden ECD/494/2016, de 26 de mayo) .....	158

## 1. INTRODUCCIÓN

Este Trabajo Fin de Máster (TFM) se ha realizado en la Especialidad de Física y Química. Para la realización de este TFM se ha escogido la modalidad A que recoge una reflexión crítica sobre dos de los proyectos o trabajos desarrollados en el Máster.

Antes de comenzar, quería señalar que mi maternidad y otras circunstancias me llevaron a realizar este Máster de forma parcial durante tres años consecutivos, aunque la idea inicial era haberlo terminado en dos años.

Soy licenciada en Química (2005) y doctora en Química (2011) por la Universidad de Zaragoza. También tengo el título profesional de música en la especialidad de piano.

Realicé mi tesis doctoral en el campo de la Química Organometálica en el departamento de Química Inorgánica de la Facultad de Ciencias. Al tiempo de finalizar la tesis estuve trabajando durante cuatro años más en el mismo Departamento y en la misma área de investigación aunque en grupo diferente. Así pues, tras diez años dedicados a esta labor mis conocimientos en este campo y en el trabajo de laboratorio son notables. Sin embargo tras este periodo, debido a unas condiciones laborales existentes no demasiado adecuadas y la falta de recursos cada vez más acusada decidí que tenía que buscar otras salidas alternativas.

Ante una sociedad cada vez más competitiva y mejor formada y ante la dificultad creciente de encontrar un trabajo que reúna unas buenas condiciones laborales, tras un tiempo de reflexión profunda y de intentar ubicarme, tome la decisión de abrirme otra puerta y realizar el *Máster Universitario en Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanzas de Idiomas, Artísticas y Deportivas* como trampolín para poder entrar en la profesión docente, puesto que hoy en día es un requisito indispensable.

Así pues mi encuentro con la enseñanza fue algo inesperada. Tengo que decir que antes de comenzar este Máster no tenía una clara vocación para esta profesión, como sí venía que la tenían muchos de mis compañeros de Máster. Sin embargo, quiero señalar que mi vocación ha sido siempre la de ayudar a los demás, así que quería dedicarme a algo o dirigir mis esfuerzos en algo que me permitiera ayudar a la gente y pensé que una forma de acercarme a mi propósito era a través de la enseñanza, puesto que esto también es una forma de ayudar, a grandes rasgos es ayudar a aprender y ayudar a formar personas y ciudadanos. Además, poseo algunas cualidades que creo que son adecuadas para el desempeño de este trabajo. Entre ellas destacar las que se refieren a las habilidades emocionales como empatía, escucha activa, asertividad, etc. y otras como la paciencia, perseverancia, cercanía, responsabilidad, etc., siendo todas ellas importantes para el ejercicio de esta profesión.

Por otro lado, este trabajo presenta algunas ventajas que me parecen interesantes. Éstas también me animaron a realizar el Máster. Sin tener en cuenta los aspectos económicos y las buenas condiciones de las goza este sector profesional, que desde luego tienen su peso,

hay muchas otras razones que hacen de esta profesión una profesión atractiva. Estas ventajas yo las resumo en: independencia, en el sentido de poder hacer tu trabajo como tú quieras y modificarlo cómo y cuándo no tenga los resultados esperados, motivación a uno mismo y los demás, espíritu entusiasta en el sentido de querer hacerlo cada vez mejor, dinamismo y variedad, pues se trata de una profesión muy dinámica y cambiante y que además permite conocer y relacionarse con mucha gente, permite moverse en entornos muy variados, recibir un aprendizaje continuo, etc., sin olvidarnos de otros aspectos no menos importantes como son que podemos cambiar a las personas, podemos hacer que mejoren, que crezcan, que crean en ellas, que se motiven, que aprendan a reflexionar y por último, las satisfacciones y recompensas que uno recibe al ver los progresos de los estudiantes. Apostando por estas ventajas y por lo que se ha comentado anteriormente me embarqué en esta nueva aventura.

Antes de comenzar el Máster tampoco tenía mucha experiencia docente. Esta experiencia pasaba por clases de piano y también algunas prácticas de laboratorio dirigidas a alumnos de la Licenciatura de Química. También enseñé a trabajar adecuadamente en el laboratorio a muchos de los compañeros que entraban a realizar su tesis doctoral. Estas pequeñas experiencias me sirvieron, por lo menos, para darme cuenta de que me gustaba enseñar y además de que me sentía bien haciéndolo. Aunque bien es cierto que se trababa en dos de los casos de una enseñanza individualizada.

En referencia a mis expectativas antes de comenzar este Máster no eran demasiado buenas. No por lo que yo conociera de él sino por lo que me habían contado. De hecho, varios de mis compañeros de tesis y de departamento lo habían realizado y sus comentarios no eran, en efectivo, demasiado positivos. Casi todos por no decir todos, decían que había que “currárselo un montón” y que se “hacía pesado” porque había muchos trabajos que hacer que necesitaban una inversión importante de tiempo y resultaba en ciertos momentos bastante agobiante. Realmente cuando comencé este Máster no sabía lo que me iba a encontrar, ni si quiera sabía si me iba a aportar grandes aprendizajes para el ejercicio de la profesión docente, pero si venía con la idea de que iba a ser un *tostón*, no sólo por los comentarios de mis compañeros sino también por tratarse de un Máster presencial. Así que comencé este Máster desmotivada y con pocas expectativas.

Por otro lado, su realización me ha permitido conocer que en cuanto a la profesión docente se puede afirmar que para su desarrollo completo e integral, además de tener una sólida formación disciplinar, se necesitan alcanzar una serie de competencias fundamentales, todas ellas igual de importantes, que se pueden resumir en: conocer cómo aprenden los alumnos (psicología de la educación), saber con qué métodos enseñar (pedagogía), contextualizar el acto educativo (sociología de la educación) y ser capaz de tomar decisiones sobre cómo exponer, comunicar y transferir el conocimiento disciplinar a la dinámica de aula (didáctica específica, que incluye la aplicación de una gran variedad de métodos, estrategias y recursos didácticos).

Sobre estos cuatro ejes, se sustentan otras competencias que también se tienen que alcanzar para el adecuado ejercicio profesional que son: dominar el currículo específico de la especialidad, aprender a realizar la transposición didáctica adecuada, desarrollar la capacidad de innovar, formarse como un experto en comunicación verbal y no verbal, aprender a trabajar en equipo, potenciar las habilidades sociales, desarrollar la inteligencia emocional que favorezca un buen clima en el aula y una buenas relaciones sociales con el resto de la comunidad educativa y la familia, conocer las habilidades propias del educador y tutor, puesto que los profesores de secundaria son también educadores y así deben ayudar a los alumnos a construir valores y a convertirse en ciudadanos críticos y reflexivos, conocer la organización de los centros y su legislación, saber reflexionar críticamente sobre la propia práctica docente con el fin de mejorar constantemente e introducir nuevos elementos, dominar las TICs, conocer la psicología de los adolescentes, hacer frente a la atención a la diversidad teniendo que convertirse en un gestor de los diferentes ritmos de aprendizaje del alumnado, saber gestionar el aula, convertirse en un experto en enseñar a los alumnos a ser autónomos en su aprendizaje, entre otros... pero además tiene que adaptarse a los constantes cambios en materia de leyes educativas y hacer frente a los enormes retos como son adecuarse a un contexto social dinámico, plural y cambiante dentro de cada una de sus aulas que a su vez dependen del perfil de los alumnos y de su contexto social, de su nivel de conocimientos, aptitudes, dificultades de aprendizaje, etc., sin olvidarnos de que ante la presencia de alumnos que se encuentran cada vez más desmotivados y carentes de interés otro de los importantes desafíos a los que se enfrenta el profesor es el de ser capaz de captar su atención, sorprender, motivar y entusiasmar. Así pues, el profesor tiene que dominar tanto su disciplina como las competencias docentes que anteriormente se han nombrado. Por tanto, el docente se enfrenta a un enorme reto, especialmente al comenzar su andadura.

Todo ello nos hace conscientes a lo que comenzamos esta trayectoria del arduo y largo camino que todavía nos queda por recorrer si queremos convertirnos en docentes profesionales y competentes. Así pues, se puede resumir que hoy más que nunca ser profesor es una tarea compleja y llena de dificultades a superar. Lejos ha quedado la figura de profesor que se limitaba a dar la lección, parafraseando un conjunto de datos, leyes, teorías y conceptos para que fueran memorizados y reproducidos por los alumnos.

En verdad, uno se siente abrumado después de leer detenidamente todas las competencias que se espera que debe alcanzar. Sin embargo, también debe ser consciente de que es imposible suponer q se logren a la vez y de forma inmediata, puesto que solo se alcanzan con el desarrollo y la experiencia que da la profesión. Además, una sólida formación inicial, como la que este Máster ofrece, nos brinda una visión concreta sobre las mismas y así nos sitúa en el camino y nos ayuda a allanarlo. Por último, señalar que con estas características, la formación continuada del profesorado se hace tan necesaria en esta profesión.

Mi breve paso por un Centro Educativo durante el *Prácticum* I corroboraron lo expuesto anteriormente. También puso de relieve que la profesión docente es una labor

apasionante y en algunos casos, como he podido evidenciar en las clases de PMAR2, muy difícil, siendo todavía más en estas circunstancias donde el profesor tiene que movilizar todas las competencias de las que dispone. Así, esta profesión necesita de gente también apasionante, muy trabajadora, que se involucre, que esté comprometida con sus alumnos y con uno mismo y que en definitiva, lo de todo.

## 2. JUSTIFICACIÓN DE LOS TRABAJOS SELECCIONADOS

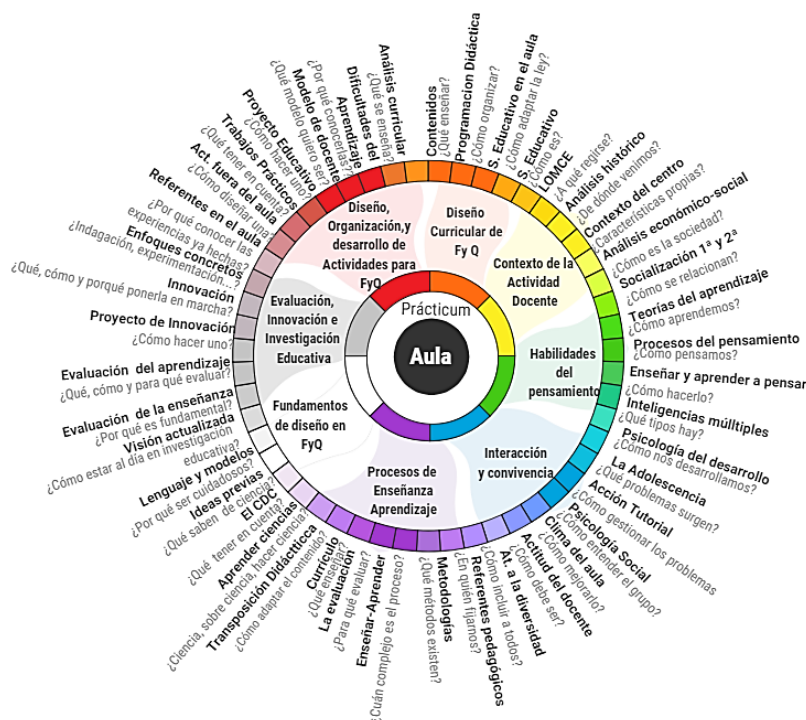
Los cuatro vértices en los que se sustenta la profesión docente y que se han comentado en el apartado anterior se encuentran repartidos en las diferentes asignaturas que se cursan en este Master.

En concreto, está estructurado en dos grandes bloques bien diferenciados. El primero corresponde a la formación general donde se cursan las asignaturas genéricas que son comunes a todas las especialidades. Este bloque se completa con el *Practicum I* y una asignatura optativa, en mi caso elegí *prevención y resolución de conflictos*. A grandes rasgos, durante este periodo se aprende el funcionamiento de los centros, las referencias legislativas y organizativas básicas, el currículum aragonés, la elaboración de una programación didáctica, las herramientas, técnicas comunicativas y estrategias en la prevención y resolución de conflictos, la negociación y la mediación, la educación emocional, la comprensión del contexto social en el que se realiza la profesión docente con referencia al centro educativo, al marco sociopolítico y administrativo y a la interrelación sociedad-familia-educación, el conocimiento en la psicología y desarrollo de la personalidad, la tutoría y orientación y la interacción y convivencia en el aula y el conocimiento de los conceptos, teorías y modelos más importantes de los procesos de enseñanza y por último, la didáctica adaptada a nuestro ámbito.

El segundo bloque está directamente relacionado con la especialidad que se ha escogido. Se trabajan las materias correspondientes a dicha especialidad junto con el *Practicum II* y otra asignatura optativa, en mi caso *habilidades comunicativas para el profesorado*. Así, los conocimientos generales adquiridos durante la primera parte del Máster, se particularizan dentro de la especialidad durante el segundo cuatrimestre, adaptando lo estudiado y profundizando en aspectos específicos de la especialidad como es el diseño de actividades o la evaluación e innovación que resultan fundamentales para el desempeño de la actividad docente y permiten la mejora continua de la tarea educativa. Al mismo tiempo y al igual que las asignaturas, los trabajos se encaminan en el mismo sentido, es decir, en adquirir conocimientos más específicos de la especialidad.

En resumen, la siguiente figura tomada del TFM de Jorge Pozuelo Muñoz (2018), representa, tremendamente bien y por eso he considerado añadirla, todos los contenidos que se han trabajado en este Máster:





**Figura 1.** Fuente: Infografía tomada del TFM de Jorge Pozuelo Muñoz (2018)

En base a lo que se acaba de comentar y siendo este bloque, bajo mi punto de vista, el que más contribuye a nuestra formación como profesores de la asignatura de Física y Química escogí presentar en este trabajo de Fin de Máster los proyectos de las asignaturas *Evaluación e innovación docente e investigación educativa en Física y Química* y *Diseño, organización y desarrollo de actividades para el aprendizaje de Física y Química* por considerar que son los más representativos para mi formación y los que, sin lugar a dudas, más me han aportado a nivel profesional y personal en este Máster. Con esta selección, se ha pretendido dejar constancia del conocimiento adquirido a lo largo del Máster.

Antes de continuar, me gustaría señalar que ambos trabajos se han quedado en una propuesta y que ninguno de ellos se ha podido llevar a la práctica. La idea de partida era desarrollar en este curso académico y durante el *Practicum II* el proyecto de innovación que realicé el curso académico anterior pero no el de diseño de actividades.

El proyecto de la asignatura de Innovación lleva por título *propuesta didáctica para la enseñanza de los conceptos ácido y base basada en el aprendizaje mediante flipped classroom y la experimentación*. Este trabajo, como su título indica, se centra en desarrollar el tema *ácidos y bases* mediante una combinación de metodologías activas que a la vez permitan innovar en el proceso de enseñanza-aprendizaje de estos contenidos, como principal cometido de este trabajo.

En concreto, en este trabajo se propone la combinación de dos enfoques metodológicos, *flipped classroom* integrada con la experimentación en el laboratorio. Con ellas se consigue hacer al alumnado protagonista de su propio aprendizaje, pasando a ser la parte importante en el proceso de enseñanza-aprendizaje. La idea es que una vez que los

estudiantes han adquirido los conocimientos necesarios sobre las reacciones ácido-base en casa puedan trabajar contenidos relacionados con esta temática en el laboratorio, en lugar de en clase.

El estudio de las sustancias ácidas y bases se inicia en la etapa de la E.S.O. En particular, esta propuesta se centra en trabajar el contenido de las reacciones ácido-base correspondiente al 4º curso de la E.S.O. en el laboratorio, a través de diferentes actividades experimentales sobre los distintos contenidos que se recogen en el currículo aragonés. Puesto que se trata de una introducción a la química ácido-base, esto implica que se estudie más desde un punto de vista cualitativo mucho más que cuantitativo. De este modo, este curso y temática presentan un marco ideal para desarrollar la estrategia que anteriormente se ha comentado en cuanto a la experimentación.

Cabe destacar que esta metodología permite la observación, el análisis y la interpretación, entre otros aspectos, de los que prescinde el modelo por transmisión. Además de este modo, se pretende resaltar la importancia del aprendizaje a través de la experimentación.

El trabajo desarrollado en la asignatura *Diseño, organización y desarrollo de actividades para el aprendizaje de Física y Química* se basa en la elaboración de una propuesta didáctica para la enseñanza de diferentes conceptos y fenómenos de *El sonido*.

Su estudio, incluyendo su producción, su transmisión y sus efectos; es de lo que se encarga la acústica. Según Doménech (2005) la acústica forma parte de la Física, pero no tiene entidad independiente como la mecánica, la termodinámica o el electromagnetismo. Así, se puede considerar como una materia interdisciplinar dentro de la Física ya que requiere de los conceptos antes mencionados y además como una ciencia extensa que involucra aspectos del conocimiento humano, científicos, técnicos y hasta artísticos.

En concreto, este proyecto está planteado para llevarse a cabo en la asignatura de Física del segundo curso de bachillerato. Con él se pretende enseñar algunos conceptos físicos del sonido y otros relacionados con éste a través del uso de instrumentos musicales e instrumentos que se utilizan en música utilizando como principal metodología la indagación. Así pues se utiliza una metodología basada en aprender haciendo. Con este fin se han diseñado una serie de actividades enmarcadas en siete sesiones de trabajo que siguen una secuencia progresiva.

Los motivos por los que estos dos trabajos se han seleccionado son los siguientes:

En primer lugar, por su temática. Ambos están directamente relacionados con la asignatura que se va a impartir, y en este sentido, como he comentado anteriormente, se considera que son los que más me han aportado en mi formación como futura docente de la asignatura de Física y Química. Así pues, considero que son trabajos clave en esta especialidad. Cabe destacar que uno de ellos se ha llevado a cabo sobre la asignatura de Física de 2º bachillerato y el otro sobre la de Química, en el 4º curso de la ESO, cubriendo, de este modo, las dos etapas de Educación y ambas ramas de la enseñanza.

En segundo lugar por su naturaleza. Los dos trabajos parten de la idea de aplicar metodologías activas que permitan al alumnado ser el centro de su propio aprendizaje. Así, el hecho de que ambos trabajos apuesten por una metodología didáctica alternativa e innovadora, alejada de la enseñanza tradicional, los convierte en proyectos con un enorme potencial. Esta particularidad se comentará de forma individualizada para cada trabajo.

En tercer lugar, por una motivación personal. Estos dos proyectos son, sin lugar a dudas, los que más orgullosa y satisfecha me siento y los que me han proporcionado mayores satisfacciones en su realización, especialmente por el diferente tratamiento que se da en cuanto a las metodologías de enseñanza. Si bien es cierto, estos proyectos fueron los que más trabajo, dedicación y esfuerzo requirieron a la vez que supusieron un reto importante y en especial el de física de segundo de bachillerato, por ser mi formación académica de químico y por el tratamiento combinado que se realiza entre música y física.

Por último, quizás también por una cuestión de mayor simplicidad. Debido a que realicé este Máster en tres años consecutivos, el primer cuatrimestre del primer curso académico, que realicé hace tres años, queda algo alejado en el tiempo.

En relación al uso de metodologías activas, de todos es sabido que hoy en día los estudiantes muestran, en general, un bajo interés y motivación por el estudio de las ciencias y en particular, de la física y química. La crisis de la ciencia, que lleva teniendo lugar durante las últimas décadas se debe en gran parte a que los procesos pedagógicos teóricos llevados a la práctica, que están asociados principalmente al modelo clásico de enseñanza-aprendizaje todavía siguen centrados principalmente en los aspectos más conceptuales y se olvidan de incluir actividades que resulten más interesantes para los alumnos, de este modo no parecen seducir a los estudiantes, además el aprendizaje de estas materias requiere un esfuerzo por parte de los alumnos que las estudian y es causa del fracaso escolar, también por la falta de interés de aquellos y por los cambios de contexto socio-culturales que rodean y condicionan la educación y a los alumnos.

El modelo didáctico tradicional de enseñanza asociado a la clase magistral ha propiciado un gran distanciamiento y desinterés del alumnado no sólo hacia las materias de ciencias, sino que también a la propia ciencia (Pozo y Gómez, 2009; Solbes, 2011). Prueba de este distanciamiento de la ciencia es el paulatino descenso de las matriculaciones en carreras universitarias científicas y de estudiantes en bachillerato científico (Solbes, Montserrat y Furió, 2007; Esteve y Solbes, 2017). Con respecto a este último, diversas investigaciones muestran que el interés del alumnado de educación secundaria por la ciencia va disminuyendo conforme avanzan sus estudios. Los informes PISA también corroboran este hecho.

Estos resultados manifiestan la necesidad de fomentar una nueva forma de enseñar y aprender ciencias que permitan reconducir esta situación. Así, se promueve dotar al

alumno de un mayor o entero protagonismo en el aula y el uso de nuevas metodologías que mejoren la motivación del alumnado y hagan la ciencia más atractiva.

En relación a estos dos aspectos me planteé desarrollar proyectos didácticos que fueran diferentes a lo que yo había visto como alumna, que hicieran uso de nuevas metodologías, que a su vez fueran motivadoras, que involucraran completamente a los alumnos y que lograran su participación activa en clase. De acuerdo con esto y teniendo en cuenta que hoy en día se sabe que el aprendizaje se produce gracias a lo que hace el alumno y no tanto a lo que hace el profesor (Marqués, 2016) las metodologías activas ofrecen una alternativa atractiva a la educación tradicional al hacer más énfasis en lo que aprende el estudiante que en lo que enseña el docente y esto da lugar a una mayor comprensión, motivación y participación del estudiante en el proceso de aprendizaje.

Con respecto al trabajo de la asignatura de *Evaluación e innovación docente e investigación educativa en Física y Química* las metodologías utilizadas fueron *Flipped Classroom* en combinación con la experimentación. La justificación de su elección, con respecto a la metodología utilizada, se basa en lo siguiente:

La metodología *Flipped classroom* o clase invertida es una metodología que cambia la estructura tradicional del proceso de enseñanza-aprendizaje invirtiendo los roles profesor-alumno. De una manera simplificada consiste en la creación de materiales didácticos por parte del docente con los que el alumno trabaja en casa previamente a las sesiones de aula que se dedican a profundizar los contenidos mediante actividades de consolidación, refuerzo o ampliación. En este caso concreto, los contenidos se trabajan en lugar del aula, en el laboratorio.

Las ventajas asociadas a la clase invertida pueden resumirse en una mayor implicación, responsabilidad y compromiso del alumnado, disponibilidad del conocimiento, consigue un aprendizaje más profundo, favorece una atención y educación más personalizada, permite que los alumnos aprendan a su propio ritmo y fomenta el uso de las TICs (Rodríguez y Campión, 2016; Marqués, 2016).

Por otro lado, la enseñanza de las ciencias y en especial de la química requiere de la experimentación, ya que no se puede hablar de ciencia sin hacer ciencia, en el sentido de manipular, y como bien señala Hudson (1994) el único medio de aprender a hacer ciencia y de experimentar la ciencia es a través de su práctica. Así, el trabajo de laboratorio resulta hoy en día fundamental e indispensable para la enseñanza de la química.

De acuerdo con esto, son muchos los autores que afirman la importancia y beneficios de las actividades realizadas en el laboratorio. De hecho se consideran como uno de los métodos más efectivos para enseñar ciencia. Por citar a algunos: según Hudson (1994), la práctica de la ciencia da lugar a tres tipos de aprendizaje: la comprensión conceptual intensificada, el aumento del conocimiento relativo al procedimiento y el aumento de la habilidad investigadora. Hofstein y Lunnetta (2004) afirman que en un intento por variar los entornos de aprendizaje, el laboratorio de ciencias es crucial para que el estudiante desarrolle el entendimiento de los conceptos científicos, desarrolle habilidades

investigadoras científicas y la percepción de la ciencia. Hofstein y Manlok-Naaman (2007) señalan que las prácticas experimentales que se llevan a cabo en el laboratorio tienen el potencial de desarrollar en los estudiantes ciertas habilidades y destrezas. Kilic, Emsen y Soran (2011) apuntan que el trabajo de laboratorio ayuda a los estudiantes a aprender de un modo más sencillo y permanente.

Además, muchas investigaciones sugieren que las prácticas del laboratorio producen un beneficio adicional para los estudiantes en cuanto que las consideran atractivas e interesantes (Hofstein y Lunetta, 2004; Lazarowitz y Tamir, 1994; Lunetta, 1998 y Lunetta, Hofstein y Clough, 2007, citado en Kilic et al., 2011). Algunos de estos autores afirman que además tienen el potencial de mejorar las relaciones sociales.

Como bien se ha dicho, a pesar de que se sabe que uno de los aspectos que más les gusta a los estudiantes de secundaria son las actividades de laboratorio, es cierto que existe cierta desconexión entre lo que se lleva a cabo en el laboratorio y lo que se explica en clase (Gabel, 1999). Así, según Johnstone (1991, citado en Gabel, 1999) una de las razones por las que los estudiantes encuentran difícil la química es porque en el laboratorio hacen observaciones a nivel macroscópico, sin embargo los profesores esperan de ellos que interpreten sus hallazgos a nivel microscópico, sin tener en cuenta que muchas veces los alumnos carecen de esta visión, relación y conocimiento a nivel micro. De hecho, existe una abundante bibliografía en la que se afirma que a los estudiantes les resulta difícil entender, aplicar y encontrar la relación entre ellos. Por citar algunos: Casado y Raviolo, 2005; Furió y Furió, 2000 y Ordenes, Arellano, Jara y Merino, 2013. Estos artículos muestran que los alumnos tienen dificultades para comprender y explicar los fenómenos de cambio químico, como aquel que perciben sensorialmente (nivel macroscópico) en términos de la redistribución y reorganización de los átomos en la moléculas (nivel microscópico) debido a que no son conscientes de que el mundo observable se encuentra estructurado a partir de partículas (sub)microscópicas. Así, representan los conceptos de la materia a través de las propiedades que pueden observar más cercanas a las dimensiones del mundo real que a las del mundo corpuscular (Ordenes *et al.*, 2013).

En concreto, este trabajo además incluye otras dos importantes aportaciones. Por un lado, el uso de las TICS, con las que se puede destacar que, entre otros aspectos, su uso en el aula permite que los estudiantes complementen otras formas de aprendizaje utilizadas en la clase y mejoren la comprensión de conceptos difíciles o imposibles de observar a simple vista (Daza, Gras-Martí, Gras-Velázquez, Guerrero Gurrola, Joyce, Mora-Torres, Pedraza, Ripoll y Santos, 2009). Por otro, mediante un enfoque CTS en una de las sesiones de trabajo planteadas. La expresión Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) suele definir un ámbito de trabajo académico, cuyo objeto de estudio está constituido por los aspectos sociales de la ciencia y la tecnología, tanto en lo que concierne a los factores sociales que influyen sobre el cambio científico-tecnológico, como en lo que atañe a las consecuencias sociales y ambientales (García Palacios, González Galbarte, López Cerezo,

Luján, Martín Gordillo, Osorio y Valdés, 2001). Este enfoque comienza en los años 60-70 y hoy es una realidad en nuestras vidas que continúa en desarrollo.

En este sentido, el currículo aragonés indica que la enseñanza debe incentivar un aprendizaje contextualizado que establezca la relación entre ciencia, tecnología, sociedad y medio ambiente con el fin no sólo de mejorar la motivación del alumnado despertando una actitud favorable hacia la ciencia y su enseñanza sino también con el fin de enriquecer su formación científica de cara a su futuro papel como ciudadanos activos e informados. De acuerdo con lo anterior, el enfoque CTS consigue esta premisa puesto que este enfoque surge con la misma pretensión. Así, su objetivo principal es el de involucrar a la ciudadanía en un proceso de alfabetización científica y tecnológica con el fin de configurar una sociedad informada capaz de tomar decisiones cruciales sobre problemas y asuntos actuales. De hecho, son varios los efectos positivos de esta estrategia, de los que destacan dos, que son mejorar la motivación de los estudiantes y desarrollar una actitud más favorable hacia la comprensión de los temas a tratar y hacer que se interesen más por la propia ciencia y así desarrollen de manera más integral su conciencia ciudadana (Acebedo, 2004).

Por último, resulta interesante señalar que las reacciones ácido-base pueden servir de introducción al concepto de reacción en los primeros niveles de enseñanza (Manuel Torres, Jiménez Liso y Salinas López, 1998). Por otro lado, conceptos que posibilitan explicar fenómenos de la vida cotidiana, puesto que muchos de los productos que se consumen tienen un carácter ácido o un carácter básico. Además uno de los temas importantes de Química del bachillerato de Ciencias es el de las reacciones ácido-base.

Con respecto al trabajo de la asignatura *Diseño, organización y desarrollo de actividades para el aprendizaje de Física y Química*, la justificación de su elección, con respecto a la metodología utilizada, se basa en lo siguiente:

La indagación también conocida como aprendizaje por indagación, aprendizaje por investigación o aprendizaje de las ciencias basado en la indagación (ECBI) es un concepto que fue presentado por primera vez en 1910 por John Dewey. Aunque empezó a recibir atención en los años 60, no fue hasta la década de los 90, coincidiendo con la publicación de los National Science Education Standards en América (NRC 1996, 2000) cuando realmente comenzó a tomar protagonismo. Además, el informe conocido como Informe Rocard, *Science Education Now: A renewed pedagogy for the future of Europe* (Rocard, 2007), en la que se afirma que las metodologías basadas en la indagación son más efectivas, ha impulsado numerosas iniciativas enfocadas a la promoción de este enfoque en las aulas, tales como algunos proyectos europeos como: PRIMAS, INQUIRE, MASCIL, SAILS, PROFILES, ENGAGE, IRRESISTABLE o PARRISE (Romero-Ariza, 2017).

Los informes nacionales llevados a cabo por países como Reino Unido y España también recomiendan el aprendizaje por indagación. Así, en Reino Unido se ha



evidenciado que las escuelas que presentan mejores resultados en las materias de ciencias y un mayor grado de implicación y motivación del alumnado son aquellas que utilizan metodologías más prácticas centradas en el desarrollo de habilidades de investigación (Ofsted, 2011) mientras que en España, el informe de expertos ENCIENDE recomienda un replanteamiento de las metodologías de aula hacia propuestas donde la indagación y experimentación de cierta duración tengan un papel más importante (Couso, Jiménez, López-Ruiz, Mans, Rodríguez, Rodríguez y Sanmartí 2009, citado en Romero-Ariza, 2017). Además, países como EEUU, Reino Unido, Australia, Israel, Francia y, en menor medida, en España apuestan por utilizar la indagación en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. En estos países la metodología de indagación es sinónimo de buena enseñanza de las ciencias (Rabadán, 2012). Dado el elevado número de países que se han sumado a esta iniciativa de enseñanza se ha creado una página web denominada Indágala (IndagaLA, 2008) que permite el intercambio constante de avances entre los países.

Otros autores como Lederman y Antik (2013) y Bevins y Price (2016) también corroboran este hecho. Ambos consideran que la mejor forma de aprender ciencias es a través de la indagación.

Existen varias definiciones sobre el término indagación. Los artículos de Reyes-Cárdenas y Padilla (2012) y Romero-Ariza (2017) recogen varias definiciones dadas por diferentes autores. Por no ser el objetivo principal de este trabajo y teniendo en cuenta que según Barrow (2006, citado en Reyes-Cárdenas y Padilla, 2012) no existe una definición clara de lo que es indagación y tampoco se ha alcanzado un acuerdo sobre cómo definirla, sólo se citan algunas.

Por ejemplo, Uno (1990) define la indagación como un método pedagógico que combina actividades de manos en la masa con discusiones centradas en los estudiantes y el descubrimiento de conceptos. Oliveira (2009) se suma a esta visión.

Otra definición algo más extendida es la que aparece en el National Research Council (NRC) (1996, citado en Reyes-Cárdenas y Padilla, 2012) que dice el aprendizaje de las ciencias es algo que los alumnos hacen, no algo que se les hace a ellos... la indagación es central para el aprendizaje de las ciencias. Al comprometerse en la indagación, los estudiantes describen objetos y fenómenos, elaboran preguntas, construyen explicaciones, prueban estas explicaciones contra lo que se sabe del conocimiento científico, y comunican sus ideas a otros. Los estudiantes identifican sus suposiciones, utilizan el pensamiento crítico y lógico, y consideran explicaciones alternativas. De esta forma, los estudiantes desarrollan activamente su comprensión de la ciencia al combinar el conocimiento científico con las habilidades de razonamiento y pensamiento.

Recientemente, otros autores como Pedaste *et al.* (2015) y Bevins y Price (2016) proponen nuevas conceptualizaciones sobre esta metodología.

Por otro lado, la enseñanza de la ciencia basada en la indagación científica se ha promovido desde una variedad importante de perspectivas. De acuerdo con Haury (1993), algunas de ellas han hecho énfasis en la naturaleza activa del estudiante asociando

indagación con la enseñanza de tipo “manos en la masa” y el posterior complemento “manos en la masa y mente trabajando” (Hofstein, Navon, Kipnis y Mamlok-Naaman, 2005; Arango, Chavez, y Feinsinger, 2002), mientras que otras han relacionado la indagación con una aproximación de descubrimiento o con el desarrollo de procesos y habilidades relacionadas con el métodos de hacer investigación científica (Reyes-Cárdenas y Padilla, 2012).

Estos hechos evidencian que existe una variedad importante de interpretaciones sobre lo que significa enseñar por indagación y también una variedad amplia de perspectivas para llevarla a cabo.

Pese a esta variedad de definiciones y de aproximaciones sobre la educación basada en la indagación French y Russell (2002, citado en Reyes-Cárdenas y Padilla) muestran las siguientes características que son comunes a todas ellas: (1) Hay un énfasis en los estudiantes como científicos. (2) Es responsabilidad (al menos parcial) de los estudiantes el hacer hipótesis, diseñar experimentos, hacer predicciones, escoger variables dependientes e independientes, decir como analizará los resultados, identificar suposiciones, entre otras. (3) Se espera que los estudiantes comuniquen sus resultados y presenten sus conclusiones apoyadas en los datos que han colectado. (4) Los conceptos detrás de un experimento deben poder ser deducidos por los estudiantes dentro de la sesión. (5) Los resultados pueden ser predichos por los estudiantes aunque no los deben conocer de antemano. (6) Los resultados que no sean congruentes con la hipótesis no se consideran como fracaso, sino como una oportunidad de repensar su razonamiento.

Estas características están de acuerdo con el hecho de que las bases teóricas de la enseñanza basada en la indagación se centran en el constructivismo donde el estudiante se convierte en un sujeto activo responsable de su aprendizaje y el profesor en un facilitador o guía dentro de este proceso de construcción.

Se ha comentado anteriormente que la indagación como enfoque pedagógico ha tenido diferentes visiones, por lo que el rol asignado al docente y las capacidades que se desean lograr en los estudiantes, tienen sus variantes en los autores que la han formulado. La aplicación de esta metodología por tanto, también tiene sus variantes. No obstante, todas ellas requieren de un proceso sistemático con varias etapas. Así, en el programa ECBI desarrollado en América Latina, se plantean cinco: focalización, exploración, reflexión, aplicación y evaluación, siendo esta última, la menos tomada en cuenta (Cristobal y García, 2013; Uzcátequi y Betancourt, 2013). Las primeras cuatro etapas, se consideran como el ciclo de indagación. Son las siguientes:

1. Etapas de focalización: al ser la primera etapa resulta crucial para el desarrollo de la metodología. En ella se debe propiciar el interés y la motivación en el estudiante sobre una situación problema. Se basa en la contextualización de una situación, seguida de una pregunta bien diseñada que promueva el interés de los estudiantes y la necesidad de resolverla. Estas preguntas además permiten al docente recoger las ideas y conocimientos previos de los estudiantes. Es fundamental para el éxito del proceso de aprendizaje que



los alumnos puedan contrastar sus ideas previas con los resultados de la exploración que sigue. En esta fase no hay respuestas correctas ni erróneas; las respuestas son solo respuestas. Las respuestas permiten al docente, determinar el nivel de conocimiento inicial de los estudiantes para comenzar a construir los nuevos aprendizajes (Cristobal y García, 2013; Uzcatequi y Betancourt, 2013).

2. Etapas de Exploración: es la que va a propiciar el aprendizaje. Es el momento en que los estudiantes indagan, experimentan, investigan, descubren conocimientos para resolver sus dudas y crear nuevos conceptos, formulan hipótesis de trabajo, etc. Así, esta etapa se inicia con la discusión y realización de una experiencia cuidadosamente elegida. Lo importante es que ellos puedan comprobar si sus ideas se ajustan a lo que ocurre en la realidad o no. es fundamental el registro de todas las observaciones realizadas. (Cristobal y García, 2013; Latorre Ariño, 2015 y Uzcatequi y Betancourt, 2013). Es importante que el docente sirva sólo de guía, permitiendo la argumentación, razonamiento y confrontación de sus puntos de vista.

3. Etapas de comparación o reflexión: En esta etapa se afianzan los conocimientos previos, se producen las modificaciones de los mismos y aquí se manifiesta el aprendizaje logrado por los estudiantes. Así, en esta etapa, y luego de realizada la experiencia, se confrontan las predicciones realizadas con los resultados obtenidos. Aquí los estudiantes comparan sus predicciones con la observación, discuten los resultados, formulan en equipo posibles explicaciones, registran sus ideas, preguntas, pensamientos y elaboran sus propias conclusiones respecto del problema analizado. Es aquí donde el docente debe ayudar a organizar las ideas y los aprendizajes logrados usando un lenguaje científico apropiado, introduciendo conceptos adicionales y terminología asociada, clarificando dudas y estimulando la reflexión y el análisis con preguntas que guíen el aprendizaje y sus conclusiones. Es importante que los estudiantes registren con sus propias palabras los aprendizajes que ellos han obtenido de la experiencia, y luego compartan esos aprendizajes con la clase. Así, los conceptos se construyen entre todos, partiendo desde los estudiantes, sin necesidad de ser impuestos por el docente previamente. (Cristobal y García, 2013; Latorre Ariño, 2015 y Uzcatequi y Betancourt, 2013).

4. Etapas de aplicación: es la confirmación del aprendizaje, en ella el estudiante debe ser capaz de extrapolar el aprendizaje a eventos cotidianos, generando pequeñas investigaciones o extensiones del trabajo experimental (Uzcatequi y Betancourt, 2013). Esta fase permite al docente comprobar si los estudiantes se han apropiado de manera significativa del aprendizaje.

En este proyecto se ha adaptado añadiendo una etapa adicional de refuerzo y transferencia.

Por otro lado, un gran número de publicaciones indican que existen numerosos beneficios sobre el uso de esta metodología. De acuerdo con esto, el trabajo de Uzcatequi y Betancourt (2013) concluye que la indagación ha demostrado ser un enfoque exitoso para el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Recientemente Romero-Ariza

(2017) realiza un análisis y revisión exhaustiva acerca de los beneficios del aprendizaje por indagación. Sus resultados, centrados en tres importantes y actuales revisiones (Furtak, Seidel, Iverson y Briggs 2012; Lazonder y Harmsen 2016; Minner, Levy, y Century, 2010, citado en Romero-Ariza, 2017), evidencian los efectos positivos de esta metodología, sin embargo para Furtak *et al.* (2012) y Lazonder *et al.* (2016) éstos sólo se consiguen cuando la indagación es guiada (asistida por el profesor).

Por otro lado, varios autores señalan que los beneficios de la indagación sobre el aprendizaje del alumnado se ven fuertemente afectados por la forma en la que el docente planifica, articula y orienta el proceso (Couso 2014; Hmelo-Silver, Duncan y Chinn 2007; Kawalkar y Vijapurkar 2013, citado en Romero-Ariza, 2017). Así, se puede concluir que su papel como orientador y activador de la capacidad de pensar y razonar del alumnado es esencial.

Es importante señalar que además este método promueve el aprendizaje en grupos cooperativos (Rodríguez y Martínez, 2016), cuyas principales ventajas son: mejora la integración, aumenta el compromiso, mejora la coordinación entre los equipos, mejora el clima laboral, aumenta el nivel de calidad educativa y mejora la satisfacción (Coll y Solé, 1989; Puigdemívol, 2000; citados en Blanco, 2008).

Por otro lado, hay que señalar que varios autores ponen de manifiesto la dificultad y el gran reto que supone llevar al aula esta tipo de estrategia metodológica (Gil, Martínez, De la Gándara, Calvo y Cortés, 2008; Kawalkar y Vijapurkar, 2013).

Por último, a estos motivos, relacionados más directamente con la metodología empleada, hay que añadir otras dos razones. Una de ellas es que a pesar de que el sonido es un fenómeno físico que se encuentra omnipresente en nuestras vidas y resulta muy importante para el ser humano, lo que hace prácticamente innecesaria la justificación de su presencia en el currículo, suele relegarse a segundo plano ante la escasez de tiempo y muchas veces ni siquiera se trata (Perales, 1997). La otra fue por su naturaleza interdisciplinar que permite que *El sonido* pueda tratarse desde diferentes perspectivas y no sólo desde el punto de vista puramente de la física.

### 3. PRESENTACIÓN DE LOS TRABAJOS SELECCIONADOS

#### 3.1. PRESENTACIÓN TRABAJO 1. Proyecto de Innovación docente:

La metodología elegida en este proyecto se basa en una combinación de dos propuestas de aprendizaje activas consistentes en la aplicación de la metodología *flipped classroom* como primer paso seguida de la experimentación donde los alumnos aplican los contenidos vistos en casa en el laboratorio, en lugar de en clase (a través de actividades o proyectos) tal y como está definida la metodología *flipped classroom* tradicional. Así, los contenidos se vuelven a manejar desde otra perspectiva lo que les permite evaluarlos, asimilarlos y profundizarlos. Por último, en relación con la interrelación CSTA y con el fin de complementar el proyecto se incluye una actividad final de cierre relacionada con esta temática: la lluvia ácida y la acidificación de los océanos.

Los contenidos que se trabajan en esta propuesta están recogidos en el bloque 3 del Currículo denominado *Cambios químicos* que incluye, entre otros, el contenido *reacciones de especial interés* (ver Anexo 9). En particular, en este proyecto se concreta en: ácidos y bases identificación y características, teoría de Arrhenius, teoría de Bronsted-Lowry, indicadores, escala de pH, reacciones de neutralización y su interpretación, acidez y concentración, fortaleza relativa de los ácidos, reacciones de los ácidos con los metales, reacciones de los ácidos con los carbonatos y los hidrogenocarbonatos, lluvia ácida y acidificación de los océanos.

Para llevar a cabo esta propuesta se han elaborado una serie de materiales que se encuentran recogidos en los anexos:

1. En el Anexo 1 se encuentra un breve juego de preguntas y respuestas que tienen el fin de introducir la nueva temática y conocer los conocimientos previos de los que parte el alumno. Así pues, como paso previo, los alumnos realizan este cuestionario vía *online* en sus casas a través de la aplicación Kahoot.
2. El Anexo 2 recoge las instrucciones con las que los alumnos trabajan en casa los contenidos de la metodología *flipped classroom* que se ha propuesto. Se propone que este estudio se haga a través de la visualización de un video y de una presentación. Esta presentación, que se encuentra en el Anexo 8, contiene todos los contenidos que se trabajan posteriormente en las distintas sesiones de laboratorio.
3. El Anexo 3 detalla las actividades experimentales. Se proponen cuatro sesiones de laboratorio. Con estas experiencias profundizan los contenidos vistos en casa.
4. El anexo 7 incluye el artículo titulado *acidificación: ¿cómo afecta el CO<sub>2</sub> a los océanos?*, que forma parte de la actividad CTS que se plantea en la quinta sesión.
5. Por último, los Anexos 4, 5 y 6 hacen referencia a la evaluación, a diferentes rúbricas y a un test de evaluación, respectivamente.

Así, la propuesta se puede resumir en: (1) la realización de un breve juego de preguntas y respuestas *online*, (2) la aplicación de la metodología *flipped classroom*, (3) el

desarrollo de las experiencias de laboratorio, (4) actividad CTS y (5) cierre del tema con la recapitulación del contenido trabajado en clase y la resolución de dudas.

La siguiente tabla muestra un resumen de las actividades que aparecen en este proyecto:

	ACTIVIDAD	TEMPORALIZAC. UBICACIÓN
<b>Sesión 1</b>	FAMILIARIZÁNDONOS CON EL pH DE LAS SUSTANCIAS DE ÁMBITO COMÚN	50 minutos Laboratorio
<b>Sesión 2</b>	EXPLORANDO LOS INDICADORES:	50 minutos/ Laboratorio
<b>Sesión 3</b>	ESCALA DE pH y SU RELACIÓN CON LA CONCENTRACIÓN: FORTALEZA DE ÁCIDOS Y BASES:	50 minutos Laboratorio
<b>Sesión 4</b>	INVESTIGANDO LAS REACCIONES DE NEUTRALIZACIÓN Y OTRAS REACCIONES:	55 minutos Laboratorio
<b>Sesión 5</b>	CONTAMINACIÓN Y MEDIO AMBIENTE: lluvia ácida y acidificación de los océanos	50 minutos Aula
<b>Sesión 6</b>	RECAPITULACIÓN DEL CONTENIDO TRABAJADO	50 minutos/ Aula

Estas sesiones que se describen brevemente, se encuentran mucho más desarrolladas en el Anexo 3:

**Sesión 1.** *Familiarizándonos con el pH de las sustancias de ámbito común.* En esta práctica se pretende hacer una introducción al tema de ácidos y bases con productos de uso común y que comprendan el concepto de pH. Al aplicarse en un contexto familiar se mejora y acelera el proceso de aprendizaje de los alumnos.

Para ello los alumnos comparan los valores de pH del agua pura y del agua a la que se han añadido diversas sustancias de uso habitual en el hogar y las clasifican en ácidas, neutras o básicas atendiendo al pH observado. La sesión se completa con unas preguntas previas, la elaboración de una tabla, el análisis sobre la modificación del pH del agua en la adición de una pequeña cantidad de cinco sustancias y el funcionamiento de un champú.

**Sesión 2.** *Explorando los indicadores.* Con esta experiencia se pretende que los alumnos observen y mejoren su comprensión sobre el funcionamiento de un indicador.

Se divide en cuatro partes. En la primera, los alumnos investigan el color que presentan cada uno de los indicadores dados en medio ácido o básico. En la segunda, tratan de sacar conclusiones a partir de los colores que toman los indicadores en dos disoluciones concretas. La tercera pretende profundizar un poco más sobre el comportamiento de estas sustancias. La última persigue que los alumnos conozcan que muchas sustancias que pueden extraerse de especies vegetales actúan como indicadores ácido-base.

**Sesión 3.** *Escala de pH y su relación con la concentración: fortaleza de ácidos y bases.* Con esta actividad se pretende que los alumnos mejoren, profundicen y refuercen su comprensión con respecto a la fortaleza de los ácidos. Se tratan conceptos como ácidos y

bases fuertes, débiles, diluidos y concentrados con el fin de que distingan esta terminología y su relación con el pH. También se introduce cualitativamente el concepto de disociación.

Esta sesión consta de varias partes. En la primera, los alumnos visualizan unos diagramas que representan diferentes tipos de disoluciones y hacen uso de una simulación interactiva (<https://phet.colorado.edu/>) que les sirve para relacionar los conceptos de concentración y fortaleza y su efecto sobre el pH. A continuación, prepararan a partir de un ácido y una base, disoluciones en todo el rango de pH con el fin de que comprueben experimentalmente lo que han trabajado mediante los diagramas y la simulación y evidencien la relación que existe entre el pH y la concentración. Por último y a modo de refuerzo, la sesión termina con la puesta en común de las preguntas previas realizadas al comienzo de la sesión y varios ejercicios.

**Sesión 4.** *Investigando las reacciones de neutralización y otras reacciones.* Con esta actividad se pretende trabajar varios contenidos con el fin de que los alumnos reconozcan e interpreten correctamente las reacciones de neutralización, visualicen otras reacciones de este tipo en las que se produce además el desprendimiento de un gas, sean capaces de deducir la ecuación resultante a este proceso y observen y deduzcan las ecuaciones (con sus símbolos) resultantes de las reacciones que se producen entre los ácidos y los metales.

**Sesión 5.** *Actividad CTS: Contaminación y medio ambiente.* En esta última actividad se trabajan dos problemas medio ambientales importantes relacionados con fenómenos ácido-base: la lluvia ácida y la acidificación de los océanos con los que se pretende dar a conocerlos, sensibilizar a los estudiantes sobre los problemas medioambientales y a la vez profundizar más en los conceptos de disociación, bases fuertes y bases débiles, ácidos fuertes, neutralización y la relación entre pH bajo y alta acidez.

Así, se propone que varios grupos elaboren presentaciones sobre ambas problemáticas y las presenten a sus compañeros. Para ello disponen de los documentos necesarios y de instrucciones sobre la elaboración de su contenido (ver Anexo 3). Además se visualizarían dos breves videos (los enlaces también se encuentran en el Anexo 3) y se crearía un pequeño debate con el conjunto de la clase.

**Sesión 6.** *Recapitulación del contenido trabajado.*

En la última sesión, los dos grupos restantes elaboran una presentación sobre los contenidos tratados en casa, a través de la metodología *flipped clasrroom*, y la presentan al resto de los compañeros. Con este último paso se pretende que el profesor compruebe si los si los estudiantes han entendido bien o no el tema. Por último se resolverían las dudas de los alumnos y se realizaría la encuesta de evaluación (ver Anexo 6).

Destacar que la mayoría de las actividades propuestas se inician con una serie de preguntas previas que lanza el profesor para ser debatidas con la clase y también con una serie de cuestiones finales que afianzan y aumentan algunos contenidos para ser tratadas también con el grupo (ver Anexo 3). Además, en varias de ellas (sesiones 1, 2 y 4) se ha incluido un apartado *para investigar en casa* en el que se relacionan los contenidos trabajados en la experimentación con fenómenos químicos cotidianos.

Una vez comentado el grueso del proyecto se puede realizar una reflexión sobre el mismo. A nivel de contenido se puede concluir que:

a) Este proyecto se ha diseñado principalmente con la finalidad de hacer completamente partícipes a los estudiantes de su aprendizaje y de facilitar la comprensión de los contenidos que se tratan, intentando a la vez que aumente su motivación e interés por la Química. Con este fin, se ha usado la metodología *flipped classroom* y se han diseñado varias experiencias de laboratorio y alguna otra actividad adicional que cierra el proyecto.

b) Cabe destacar que se ha tratado además de relacionar los contenidos trabajados con aspectos químicos cotidianos. Así, los estudiantes aprecian la relevancia de la química en sus vidas y, de este modo, no existe desconexión entre la química que se enseña en el aula y la que se aplica en lo cotidiano.

c) Por otro lado, se ha tenido en cuenta los posibles escasos o limitados recursos que se pueden encontrar en un laboratorio de Física y Química de un instituto de secundaria. Por ello, las experiencias que se han planteado hacen uso tanto de reactivos como de materiales fácilmente accesibles y económicamente viables. Este hecho facilita en gran medida la puesta en marcha de este proyecto.

d) Además se ha diseñado, como paso previo, un breve juego de preguntas y respuestas para que los alumnos lo resuelvan *online* en sus casas, que permite introducir la nueva temática y también sirve para que el profesor conozca de antemano los conocimientos previos de los que parten los alumnos, paso inicial fundamental a la hora de abordar una nueva Unidad.

e) En cuanto a la secuencia y diseño del trabajo planteado se ha tenido en cuenta el tanto artículo de Gabel (1999) en el que sugiere conectar más eficazmente las experiencias de laboratorio con las clases, con el fin de mejorar el proceso de aprendizaje de los alumnos, como los trabajos de Séré (2002a, 2002b) sobre el rol del trabajo de laboratorio. Estos últimos indican que el conocimiento conceptual/teórico debe estar presente en todo el trabajo de laboratorio y su efectividad está en aplicarlo, por lo que es necesario comenzar a ver la teoría y ponerla al servicio de la práctica y no al revés. Por las razones expuestas, en este proyecto se combinan ambas, teoría y experimentación (en este orden).

f) En este proyecto el papel del docente es el de un agente facilitador y de guía. Por eso resulta fundamental que en el desarrollo de las actividades el docente entable un diálogo, principalmente a través de las preguntas planteadas, con los alumnos con el fin de ayudarles a organizar las ideas, estimular su reflexión y guiarles a unas conclusiones apropiadas para que así construyan un modelo de conocimiento científico consistente, adecuado y aceptado por la comunidad científica.

g) En particular, estas preguntas que se desarrollan a lo largo de todas las sesiones de experimentación están diseñadas para ser tratadas y debatidas con todo el grupo. Esto permite que los alumnos compartan, argumenten y contrasten con sus compañeros y además les ayuda a evaluar su capacidad explicativa sobre los contenidos que están tratando, entre otros aspectos. También permiten que el profesor tenga la oportunidad de



verificar la comprensión de los contenidos teóricos tratados en casa y así poder trabajarlos nuevamente en caso necesario.

h) Con respecto a las actividades que se han presentado señalar que en su diseño y elección se ha tenido en cuenta lo que se aprendió en la asignatura *Diseño de actividades* a través del artículo de Hodson (1994) que se puede resumir en: escoger una actividad de aprendizaje que se adapte a unos objetivos previamente fijados para que el aprendizaje sea eficaz (en este caso particular son por un lado, facilitar la comprensión y el desarrollo conceptual y por otro, generar interés por la ciencia y motivación en el alumnado), simplificar los experimentos para no generar una sobrecarga de información, tener en cuenta la distinción entre los distintos tipos de aprendizaje de la ciencia (su naturaleza, su teoría y su práctica) considerando que éstos no pueden ser cubiertos por el mismo tipo de experimento y hacer una reflexión previa a la experimentación puesto que muchos alumnos no son capaces de establecer la conexión entre lo que están haciendo y lo que están aprendiendo y así el trabajo de laboratorio se convierte en un trabajo inútil.

i) Teniendo en cuenta que el currículo aragonés indica que la enseñanza debe incentivar un aprendizaje contextualizado que establezca la relación entre ciencia, tecnología, sociedad y medio ambiente, esta propuesta ha considerado este aspecto planteando una actividad CTS. Señalar que este enfoque fue otro de los aprendizajes de este Máster. Considerando que existen diversos métodos para aplicar una metodología CTS en el aula (Del Carmen, 2017), la aproximación que aquí se ha utilizado es la incorporación de temas CTS sin modificar el curriculum de partida.

j) Además, teniendo en cuenta que las TICs son herramientas indispensables en los procesos de enseñanza-aprendizaje en general, y de la química en particular, debido a las múltiples y variadas posibilidades que ofrecen en el ámbito educativo (Gras-Martí y Cano-Villalba, 2003; Daza et al., 2009), esta propuesta también ha considerado este hecho incluyendo varias estrategias que fomentan su uso: aplicación Kahoot, elaboración de presentaciones y uso de una simulación interactiva, además de la elaboración de las actividades *para investigar en casa* y de las preguntas que se plantean a lo largo de las sesiones.

k) Destacar que con el fin de facilitar la comprensión y relación a nivel macro y micro se ha diseñado una actividad en la que a través de unos diagramas y el uso de simulaciones los alumnos pueden “observar” lo que sucede a nivel micro.

l) Por otra parte, se ha incluido una actividad final cuyo objetivo es que el docente pueda verificar la comprensión de los alumnos sobre el tema tratado (Marques, 2016).

m) Por último, se plantea una evaluación más acorde a los tiempos actuales (ver Anexo 4). Se ha diseñado teniendo en cuenta lo que se aprendió en la asignatura de Innovación valorando las distintas actividades que lo han integrado y atendiendo a diferentes criterios, en concreto cinco, donde sólo además un 15% de la nota final corresponde con una prueba de contenido. Así, se ha tratado desde un punto de vista inclusivo. También se incluyen varias rúbricas (Anexo 5) para evaluar algunos de los

apartados propuestos y un test de evaluación (Anexo 6) en forma de cuestionario para los alumnos, con el fin de evaluar el propio proceso de enseñanza-aprendizaje.

A nivel de reflexión personal, echando la vista atrás y una vez que el Máster ha finalizado considero que es un trabajo de innovación que está bien diseñado, elaborado y construido, al menos desde un punto de vista teórico o formal y en este sentido, *a priori* no lo modificaría. Prueba de ello son las numerosas e interesantes aportaciones que anteriormente se han detallado. Es un proyecto en el que invertí muchos días y semanas de trabajo queriendo destacar en este sentido, que se elaboró meticulosa y cuidadosamente, y en especial cada una de las actividades que se plantean. En él, se ha tratado de incluir una buena parte de lo que se trabajó durante el segundo cuatrimestre en el Máster, lo que aprendí y lo que a mí más me llamó la atención. Sin embargo, me resulta difícil extraer toda la información necesaria para hacer una reflexión completa porque no se ha podido llevar a cabo debido a la crisis sanitaria originada por el Covid 19. Sería necesario haber visto como se desenvuelven los alumnos en cada una de las actividades planteadas y en el conjunto del proyecto diseñado. Además, cabe decir que a pesar de que las actividades se plantearon para poder ser llevadas a cabo en un laboratorio con recursos limitados hubiera sido importante poder desarrollarlas para saber con qué inconvenientes o problemas me encontraba a la hora de montar cada una de las experiencias y desde allí también extraer algunas conclusiones. También conocer si es posible gestionar y atender a toda la clase en el laboratorio, si los alumnos trabajan bien en grupo y conocer el número ideal de alumnos para desarrollar positivamente las sesiones. Así pues, sólo con su puesta en marcha se podría evaluar la metodología empleada y si se ha conseguido los objetivos iniciales que se planteaban en cuanto a la mejora del nivel de comprensión y a la motivación e interés.

Como conclusión final, cabe decir que incorporar estas metodologías en el proceso de enseñanza respecto a los métodos de enseñanza tradicional requiere una gran dedicación y muchísimo más esfuerzo por parte del docente. Sin embargo, el trabajo ha sido motivador e ilusionante por ser novedoso, creativo y muy diferente a todo lo que he podido ver como alumna, donde únicamente he asistido a clases magistrales.

### 3.2. PRESENTACIÓN TRABAJO 2. Propuesta didáctica para el aprendizaje de *El sonido*

Este proyecto didáctico está dirigido a alumnos de 2º de bachillerato de la asignatura de Física para el estudio de *El sonido* y otros conceptos relacionados con él a través de los instrumentos musicales e instrumentos que se utilizan en música. Se ha diseñado con una doble finalidad, por un lado, relajar el curso, puesto que este curso es bastante estresante para los alumnos y por otro, buscar otras guías de aprendizaje diferentes y más motivadoras para los alumnos.

Este tópico se encuentra enmarcado en el bloque cuatro del currículo, denominado *Ondas* (ver Anexo 17). En particular, este proyecto aborda los siguientes contenidos:



clasificación y magnitudes que caracterizan las ondas, ecuación de las ondas armónicas, energía e intensidad, ondas transversales en una cuerda, fenómenos ondulatorios: interferencia y difracción, reflexión y refracción, efecto Doppler, ondas longitudinales, el sonido, energía e intensidad de las ondas sonoras, contaminación acústica y aplicaciones tecnológicas del sonido. Además se trabajan estos contenidos extracurriculares: magnitudes asociadas al sonido, velocidad de propagación en distintos medios, componentes principales del sonido, ondas sonoras estacionarias, la resonancia, propiedades del sonido, el funcionamiento del oído humano y acústica arquitectónica.

En este trabajo se han planteado unos objetivos generales, concretos y a nivel de contenido, se han descrito los contenidos que se van a tratar de una forma global y se han comentado las ideas previas en relación a las dificultades de aprendizaje (ver Anexo 10).

Con respecto a la propuesta se ha planteado la siguiente temporalización a lo largo de siete sesiones (50 min) más una de recapitulación y cierre:

	ACTIVIDAD	Duración/ubicación
<b>Sesión 1</b>	SONDEOS PREVIOS: IDEAS ALTERNATIVAS Y CONOCIMIENTOS PREVIOS SOBRE EL SONIDO	50 min/Aula
<b>Sesión 2</b>	INTRODUCCIÓN AL SONIDO. TIPOS DE ONDA, ECUACIÓN DE ONDA Y MAGNITUDES ASOCIADAS.	50 min/Aula
<b>Sesión 3</b>	Propiedades del sonido: 1ª PARTE: REFLEXIÓN DEL SONIDO Y APLICACIONES ASOCIADAS A ESTE FENÓMENO: Ley de Snell y Capacidad reflectora de diferentes materiales	50 min/Aula
<b>Sesión 4</b>	Propiedades del sonido: 2ª PARTE: INTERFERENCIAS Y EFECTO DOPPLER: Interferencias, Batidos y Efecto Doppler	50 min/Aula
<b>Sesión 5</b>	Práctica de laboratorio: CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DEL SONIDO EN EL AIRE Y EN SÓLIDOS	80 min/Laboratorio
<b>Sesión 6</b>	PERCEPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL SONIDO	50 min/Aula
<b>Sesión 7</b>	LA RESONANCIA Y LOS ARMÓNICOS	50 min/Aula
<b>Sesión 8</b>	RECAPITULACIÓN DEL CONTENIDO TRABAJADO	50 min/Aula

Las actividades se han desarrollado siguiendo una secuencia progresiva y tomando como referencia la que aparece en el artículo de Perales (1997). De este modo se establece un orden lógico y secuencial en el aprendizaje. Así, teniendo en cuenta cómo emplear las actividades de una forma efectiva se ha planteado una actividad de sondeo de conceptos previos (sesión 1), una introductoria (sesión 2), varias de desarrollo (sesión 3, 4, 5 y 6) donde se incluye la realización de una práctica de laboratorio y, por último, una de ampliación (sesión 7). Se encuentran detalladas en el Anexo 11.

La primera sesión se ha diseñado como una actividad de sondeo que se basa en una serie de preguntas de respuesta abierta para trabajar en pequeños grupos y posteriormente

con la clase. Es necesario señalar que el docente no da las respuestas a estas preguntas puesto que conforme los alumnos vayan desarrollando las siguientes actividades irán encontrando y modificando estas respuestas.

La segunda sesión plantea una actividad en la que se realiza una introducción al sonido y se explican los tipos de onda, ecuación de onda y magnitudes asociadas. Se ha diseñado teniendo en cuenta la sesión anterior puesto que algunas preguntas formuladas introdujeron parte del contenido de ésta. En este caso, varios de los contenidos que aparecen se explican a través del modelo didáctico de transmisión-recepción. Con el fin de mejorar la comprensión, modificar las posibles ideas alternativas y visualizar ciertos fenómenos físicos que se explican en este apartado se plantea el uso de applets y de algunos recursos *online*. Los enlaces a estos recursos se encuentran en el Anexo 11. Además, en relación a las ideas previas, se ha incluido una demostración breve y sencilla sobre la naturaleza y propagación del sonido y algunos problemas sobre ondas.

La tercera y cuarta sesión presentan actividades de desarrollo que consisten en el estudio cualitativo de algunas propiedades del sonido. La tercera sesión presenta el estudio de la reflexión del sonido y aplicaciones asociadas a este fenómeno y se desarrollan a través de la indagación. Ambas actividades se inician con una batería de preguntas cuya finalidad es conocer las ideas alternativas, continúan con la realización de la experiencia y finaliza con otra serie de preguntas para ser debatidas. Esta sesión se completa además con apartado de aplicación, uno de investigar en casa y uno de refuerzo. Mientras que la cuarta consta de dos actividades: las interferencias y los batidos y el efecto Doppler. Se desarrollan mediante la indagación a través de preguntas previas, durante y posteriores y experiencias sencillas. La sesión se completa con aplicaciones, apartados de refuerzo y problemas.

La quinta sesión incluye un trabajo práctico. Se trata de una práctica de laboratorio que consiste en el cálculo de la velocidad del sonido en el aire y en sólidos. Se ha incluido un guion de prácticas que se encuentra en el Anexo 16, además de algunas preguntas previas, un apartado de refuerzo y uno *para investigar en casa*.

La sexta sesión incluye dos actividades de desarrollo sobre la percepción y características del sonido. En la primera parte, destinada a que los alumnos conozcan cómo oímos, se propone trabajar con applets. Este contenido, al estar tratado en cursos anteriores, no se desarrolla demasiado. La segunda parte se basa en una metodología indagatoria. Esta sesión se remata con un apartado de aplicación, la contaminación acústica, que considero relevante y otro *para investigar en casa*.

La séptima sesión se enmarca como una sesión de ampliación que consta de dos actividades: la resonancia y los armónicos. Ambas siguen una metodología indagatoria basada en preguntas y experiencias sencillas. Se incluyen además apartados de aplicación, refuerzo, *para investigar en casa* y para experimentar en casa.

Para finalizar, se plantea llevar a cabo una última sesión a modo de recapitulación del contenido trabajado donde se revisan las cuestiones iniciales, las actividades para investigar en casa, se resuelven las posibles dudas y se realiza la encuesta de evaluación.

Destacar que cada una de las actividades planteadas incluye lo siguiente: objetivos, contenidos, identificación de las dificultades (si las hay), duración, metodología empleada, descripción detallada de la actividad, actividades de refuerzo, problemas, algunos recursos educativos *online*, actividades complementarias como un apartado para investigar en casa y un apartado con aplicaciones científico-tecnológicas o simplemente aplicaciones del contenido trabajado en la sesión, una explicación de los principales conceptos y forma de evaluación. Así, en cada una de ellas se representa de forma clara la aproximación pedagógica propuesta.

El modelo de intervención utilizado en la elaboración de las actividades y de acuerdo con la metodología indagatoria se ha basado en las etapas comentadas con anterioridad: focalización, exploración, reflexión y aplicación, a la que se ha incorporado una adicional de refuerzo y transferencia, aunque no aparecen implícitamente separadas.

Señalar que este trabajo se ha completado con: una propuesta de evaluación y un número elevado de preguntas con los que realizar una prueba escrita (Anexo 12), varias rúbricas (Anexo 13), además de un test de evaluación con el que evaluar la estrategia didáctica empleada (Anexo 14), un apartado final donde se presentan diferentes recursos y curiosidades (Anexo 15) con los que los alumnos puede reforzar y ampliar algunos de los contenidos tratados en este proyecto y un guion de prácticas (Anexo 16).

De nuevo se extraen las siguientes reflexiones acerca de este trabajo a partir de los aprendizajes que se han ido adquiriendo a lo largo del Máster:

a) Este proyecto incluye un análisis del currículo desde el primer curso de la ESO hasta segundo de bachillerato. Esta información es de una enorme utilidad puesto que permite que el docente tenga *a priori* una aproximación sobre los conocimientos previos que tienen o deberían tener los alumnos a cerca de esta temática y así permite situarse correctamente antes de comenzar su estudio.

b) En este proyecto se trabajan un gran número de contenidos además de que se incluyen hasta ocho extracurriculares lo que hace que esta propuesta sea muy completa.

c) Además, se han detallado cada una de las dificultades de aprendizaje, que principalmente se asocian a las ideas previas o alternativas. En este sentido, disponer de esta información resulta de enorme valor para el profesorado puesto que son el punto de partida con el que se ha de contar para llegar a construir nuevos conocimientos científicos (Duit, Gropengießer y Kattmann, 2005, citado en Furió, Solves y Carrascosa, 2006).

d) De acuerdo con lo anterior, se ha diseñado cuidadosamente una actividad inicial de diagnóstico basada en diferentes preguntas de respuesta abierta sobre contenidos relacionados con el sonido. Tiene varias finalidades: conocer las ideas alternativas, tener una primera aproximación del nivel de conocimiento de los alumnos, introducir la nueva

temática y anticipar algunas ideas o conceptos que despierten la curiosidad en aquellos. Así, esta actividad tiene un gran alcance y resulta fundamental.

e) Se ha diseñado una secuenciación temporal de los contenidos sobre sonido y acústica tomando como referencia la que aparece en el artículo de Perales (1997) por considerarla la más adecuada para favorecer el aprendizaje de los estudiantes.

f) Otro aspecto interesante a destacar es que este proyecto pone en valor el trabajo en equipo. Así, se propone que los alumnos trabajen en equipos cooperativos. Esta perspectiva presenta importantes ventajas. Además con esta dinámica también se consigue fomentar la cohesión e integración en el aula.

g) De acuerdo con la metodología indagatoria, se han incluido apartados y actividades con el fin de acercar a los alumnos a la realidad que les rodea y relacionar los fenómenos vistos con la vida cotidiana para que de este modo se fomente la explicación científica del mundo que nos rodea y vean la utilidad y relación de lo que estudian.

h) Varias de las actividades presentadas en este proyecto muestran un carácter quizás relativamente sencillo para el curso que corresponde. Sin embargo, en algunos casos esto se debe a que los estudiantes no han tratado en cursos anteriores los contenidos, extracurriculares, que aquí se tratan y por otro a que la complejidad, en parte, se encuentra en las preguntas que se van formulando a lo largo del desarrollo de las sesiones junto con las tareas nombradas como *para investigar en casa*. De este modo se pretende compensar la falta de dificultad asociada a la experiencia.

i) En este proyecto, además de detallar minuciosamente las actividades planteadas, se han añadido actividades de refuerzo, problemas, algunos recursos *online*, un apartado para investigar en casa, aplicaciones científico-tecnológicas y al final del mismo se ha complementado con más recursos de refuerzo así como otros apartados como una propuesta de evaluación, rúbricas para llevarla a cabo, recursos adicionales, etc. Todo ello resalta que se trata de una propuesta muy completa y es un claro indicativo del trabajo exhaustivo que se ha llevado a cabo. Con la metodología y las diferentes estrategias adicionales empleadas el aprendizaje se ve reforzado y complementado, facilitando así un aprendizaje significativo y permitiendo que llegue a todo tipo de alumnado.

j) Las preguntas formuladas a lo largo de todas las actividades, que han sido cuidadosamente diseñadas, merecen también una especial atención. A través de ellas se pretende que, con la guía y ayuda del profesor, los alumnos lleguen a unos razonamientos adecuados, consistentes y aceptados por la comunidad científica. Para conseguir estos objetivos todas las preguntas se trabajan en pequeños grupos y posteriormente se ponen en común. Además, tras acabar las actividades los alumnos las revisan y vuelven a contestarlas con la información que han aprendido. Así, este proyecto que se apoya en la idea de que el aprendizaje se construye individualmente y se reconstruye socialmente por interacción con el grupo favorece este doble aprendizaje.

k) De acuerdo con lo anterior, en este proyecto se ha tenido especialmente en cuenta las consideraciones dadas por varios autores como Pedaste *et al.* (2015), así como con los nuevos estándares de ciencia en Estados Unidos (NRC 2012, 2016) que destacan la

importancia de fomentar el razonamiento y la reflexión en el alumnado, así como de conceder un mayor protagonismo a la argumentación basada en evidencias.

l) Dado que la literatura muestra que los mejores resultados de la indagación se obtienen a través de un proceso guiado, las sesiones elaboradas en este proyecto se han llevado a cabo siguiendo esta aproximación.

m) Cabe destacar que las TICs están presentes a lo largo de toda la propuesta.

n) En este proyecto el papel del docente en el buen funcionamiento de las actividades resulta clave en esta propuesta. Así, en su importante papel de guía, el docente debe ayudar a organizar las ideas de los alumnos introduciendo conceptos adicionales y terminología asociada, estimulando la reflexión y el análisis con preguntas que guíen el aprendizaje, guiando a los estudiantes a sus conclusiones apropiadas a través de otras preguntas que promuevan que los estudiantes revisen los datos individuales, así como contribuir a la explicación de los fenómenos estudiados permitiendo la argumentación, razonamiento y confrontación de sus puntos de vista para que de ese modo los alumnos construyan su propio conocimiento científico.

o) En cuanto al alumnado, que son el eje central del proceso de enseñanza-aprendizaje, se espera que sean capaces de implicarse en las oportunas preguntas y discusiones establecidas en cada una de las actividades, así como que contribuyan a la explicación de los fenómenos estudiados. Sin su total involucración no es posible conseguir los resultados esperados.

A nivel de reflexión personal teniendo en cuenta que esta propuesta no se ha llevado a la práctica, debido a que en este caso inicialmente este trabajo se planteó como una propuesta para que pudiéramos desarrollarnos, ver qué éramos capaces de imaginar y diseñar y ver qué tipo de profesor nos gustaría ser y quizás no tanto su puesta en marcha. A pesar de ello, de nuevo su puesta en marcha en el aula facilitaría poder extraer conclusiones relevantes. Decir que además en su día eché en falta una reflexión y quizás también una explicación por parte de los profesores sobre lo que se podría mejorar o cambiar en este trabajo, quedándome con la sensación de no saber si estaba bien realizado o no. Esto también me hubiera permitido extraer alguna reflexión más.

Para mi este trabajo supuso un doble reto y por pretender, a su vez, ir un poco más allá y por ser mi formación de Químico. Por un lado, diseñar actividades para el estudio del sonido utilizando como principal recurso didáctico los instrumentos, lo cual *a priori* no resulta sencillo y por otro que en este diseño se usara la indagación como principal metodología para su aprendizaje, si bien es cierto que en este proyecto se han incluido otras. En este sentido, la indagación necesita de un proceso de generar preguntas, plantear hipótesis y desarrollar propuestas experimentales, que lleva asociado una enorme dificultad en cuanto a su diseño y puesta en práctica. Este hecho queda corroborado también por otros autores (Gil, Martínez, De la Gándara, Calvo y Cortés, 2008; Kawalkar y Vijapurkar, 2013). Así pues, se puede afirmar que la elaboración de este proyecto

supuso un gran esfuerzo, tiempo y dedicación. También es cierto que mi interés personal y mi pasión por la música me animaron a querer desarrollarlo.

A modo de conclusión y una vez expuestas las reflexiones, se puede decir que ha sido un trabajo que ha cumplido con las expectativas que se planteaban inicialmente en cuanto a diseñar propuestas que fueran diferentes, novedosas y atractivas y que a su vez involucraran completa y activamente a los alumnos. Por tanto, desde mi punto de vista considero que esta propuesta está muy bien diseñada y estructurada, además de ser completa y variada. Lo anteriormente expuesto se traduce en permitir y facilitar el aprendizaje significativo de *El sonido* a través de la indagación como principal estrategia metodológica empleada.

#### 4. RELACIÓN/CONEXIÓN ENTRE LOS TRABAJOS. REFLEXIONES

Los dos trabajos expuestos presentan tres características comunes que hacen de nexo y relacionan ambos proyectos. Por un lado, los dos proyectos parten de la idea de utilizar metodologías activas que sitúen al alumno en el centro de su propio aprendizaje y que estén completamente apartadas del modelo tradicional de enseñanza, por otro que sean más atractivos y motivantes para los estudiantes mejorando así su interés y, por último, que dichas metodologías sean novedosas. Estas tres características son las que relacionan ambos trabajos y que, en definitiva, marcaron los objetivos iniciales que se plantearon al diseñarlos.

Una de las razones que se ha argumentado para la elección de estos trabajos ha sido la metodología empleada. Así, uno de ellos se basa en la metodología de la indagación mientras que el otro emplea como estrategia metodológica una combinación de dos, *flipped-classroom* junto con la experimentación. A pesar de que el enfoque metodológico que se aplica es diferente, ambas parten de la misma idea y es la de utilizar metodologías activas que estén centradas en el estudiante. Este tipo de aprendizaje se enmarca dentro de la teoría constructivista del aprendizaje. Así, ambos trabajos comparten la idea de aprender haciendo/con la práctica y la de aprender con la reflexión e investigación. En particular, con la metodología indagatoria se facilita a los alumnos herramientas que les permiten ir construyendo sus conocimientos a partir de simplemente su curiosidad científica y su capacidad de análisis.

Además, teniendo en cuenta que los conocimientos resultan de la combinación de captar la experiencia y de transformarla, este tipo de estrategias metodológicas facilitan en gran medida este paso. Por último, Chickering y Zelda Gamson (1987) afirman que los estudiantes no aprenden mucho simplemente por sentarse en las clases escuchando a los profesores, memorizando los contenidos pre-empaquetados y devolviéndolos como respuestas, deben hablar acerca de lo que están aprendiendo, escribir sobre ello,



relacionarlo con experiencias pasadas y aplicarlo a su vida cotidiana. Esta afirmación pone de relieve la importancia del aprendizaje activo. Dado que con anterioridad se ha hablado largo y tendido sobre ambas estrategias no se volverán a comentar.

En relación a estos métodos y particularmente el basado en la investigación, el informe Rocard señala que precisamente son los más efectivos porque dan lugar a una mayor motivación e interés que es la segunda característica común que comparten ambos trabajos pues los dos resultan *a priori* atractivos y motivantes.

La innovación es otro de los rasgos que comparten los dos trabajos. El primero de ellos por tratar de conocer la química básica ácido-base a través de la experimentación y el enfoque *flipped-classroom* y el segundo por explicar *El Sonido* a través de la indagación y de instrumentos musicales. Como bien se sabe, toda innovación equivale a mejora y progreso en el contexto de la Educación.

De este modo, los dos trabajos integran todos los elementos necesarios para lograr un cambio sustancial en la actitud de los alumnos, en especial, en relación al bajo interés y motivación que muestran los estudiantes por las asignaturas de Ciencias y además favorecen y facilitan un aprendizaje significativo y más profundo.

Otro rasgo común que comparten ambos trabajos es que al usar metodologías más novedosas obligan a salir de la zona de confort (incluso para mí que aún estoy en formación) y conllevan un esfuerzo y dedicación adicional en su planteamiento y puesta en marcha. En efecto, se puede afirmar que las metodologías activas tienen de coste para el docente una gran inversión de tiempo y de esfuerzo, para quizás después de una vez puestas en marcha no se obtengan los resultados esperados o incluso no funcionen.

Ambos trabajos son el fruto de múltiples aprendizajes obtenidos a lo largo del Máster. De estos aprendizajes, que se centran en los aspectos didácticos específicos de la Física y Química y de sus implicaciones en el aula y en el ejercicio de la profesión, se pueden extraer las siguientes reflexiones que son comunes para las dos propuestas presentadas y que además se pueden extrapolar fácilmente a otras:

- ✓ En ambos se ha realizado un análisis del contenido académico, como paso previo importante para ubicarnos adecuadamente. Llevar a cabo este estudio resulta fundamental pues nos permite conocer qué saben los alumnos y cuándo y dónde lo han aprendido y qué, cuándo, cómo y dónde lo retomarán en próximos cursos.
- ✓ En ambos trabajos se ha realizado una selección y secuenciación de los contenidos de enseñanza teniendo en cuenta el currículo aragonés y la bibliografía y se ha procedido a su mejora mediante la incorporación de nuevos contenidos (extracurriculares). Esto además facilita su transformación posterior en programas de actividades.
- ✓ En ambos trabajos se ha tenido en cuenta el desarrollo cognitivo de los estudiantes según el curso académico al que iban dirigidos, puesto que éste es diferente en

cada edad. Así, los alumnos de cuarto de ESO, que se encuentran en la etapa de la adolescencia media comienzan a razonar de una forma más compleja. El desarrollo de la inteligencia operativa-formal, la mayor flexibilidad del pensamiento, la posibilidad de contemplar un mayor número de alternativas a las situaciones son rasgos característicos de esta etapa mientras que en el Bachillerato el alumno, que se encuentra inmerso en la etapa de adolescencia tardía, ya tiene afianzado el pensamiento hipotético deductivo y es capaz de realizar razonamientos lógicos. Es por ello que se decidió utilizar como metodología la indagación en el proyecto dirigido a alumnos de segundo de Bachillerato, que requiere de un pensamiento más avanzado.

- ✓ En ambos se ha seleccionado adecuadamente la metodología de E-A para desarrollar unos contenidos específicos. En concreto, la elaboración de los dos proyectos ha permitido el aprendizaje de nuevas metodologías activas y del modelo constructivista de aprendizaje del que parten, así como conocer el papel de mediador y guía que juega el docente en este proceso. Este modelo indica que los estudiantes aprenden no sólo desde las características del medio de aprendizaje, sino también de las ideas que tienen, de las estrategias cognitivas disponibles y de sus propios intereses y propósitos.
- ✓ En relación a lo anterior, en ambos casos se ha llevado a cabo un estudio previo de las ideas previas a partir de la bibliografía existente, cuya importancia se ha comentado anteriormente y que sirven como punto de partida para la construcción de nuevos conocimientos y para poder confrontarlas y así conseguir cambiar su forma de ver el mundo. En este sentido, ambos trabajos presentan una actividad inicial dirigida en conocer estas u otras ideas alternativas que nos sirven de evaluación inicial.
- ✓ En ambas se ha potenciado el uso de otros recursos educativos como las TICs y las simulaciones que sirven como herramientas importantes y complementarias en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la física y química.
- ✓ Durante la elaboración de las actividades, que al fin y al cabo se pueden considerar como trabajos prácticos según la definición dada por Abrahams & Reims (2012) y Millar (2011), con el fin de conseguir que éstas sean eficaces se ha usado las dos primeras etapas del modelo de Millar, Thibergheim y Le Maréchal (2002) que consisten en definir los objetivos de aprendizaje y diseñar o seleccionar es una tarea práctica que el alumnado debería ser capaz de llevar a cabo para conseguir los objetivos de aprendizaje deseados. Las etapas tres y cuatro que son las de análisis y de valoración del aprendizaje, se utilizarían a posteriori.
- ✓ En ambos trabajos se ha promovido la comprensión del contenido científico frente al aprendizaje memorístico, elemento indispensable para la mejora del aprendizaje.
- ✓ Los dos proyectos relacionan, principalmente a través de aplicaciones cercanas a los estudiantes, los contenidos trabajados con aspectos físicos o químicos cotidianos. Además de conectar la física o química que se enseña en el aula con



la que se aplica en lo cotidiano, se genera en los estudiantes un interés y una actitud más activa por la Ciencia y por buscar explicaciones al mundo que nos rodea.

- ✓ En ambos proyectos, aunque no de una manera implícita, se ha tenido en cuenta la transposición didáctica de los contenidos que se trabajan.
- ✓ Ambos proyectos incluyen una actividad con contenido CTS. En este sentido, las líneas de investigación en didáctica de las Ciencias proponen, con el fin de aumentar el interés y motivación de los alumnos, más trabajo en el laboratorio, utilización de las relaciones CTSA y de la historia de la ciencia, trabajos prácticos, etc. Por tanto, los dos trabajos se sitúan en esta línea.
- ✓ En ambos trabajos se ha realizado una aproximación cualitativa frente a cuantitativa, especialmente en el proyecto diseñado para cuarto de ESO.
- ✓ Ambos proyectos comparten la idea de fomentar el trabajo en equipo como herramienta de aprendizaje. Esta aproximación presenta importantes beneficios (Chickering y Gamson, 1987, 2007). Ambos autores destacan que el aprendizaje se aumenta cuando se parece más a un trabajo de equipo que a una carrera en solitario y que compartiendo ideas propias y respondiendo a las reacciones de los demás, se agudiza el pensamiento y se profundiza en la comprensión.
- ✓ Ambos trabajos comparten la idea de hacer una gestión eficaz del tiempo, por eso se ha incluido la temporalización en cada una de las actividades.
- ✓ En ambas propuestas se ha tratado de diversificar los métodos de enseñanza utilizando distintos materiales y recursos.
- ✓ En cuanto a la evaluación se pueden destacar varios aspectos. En este apartado se incluyen la evaluación tanto del alumnado como la del proceso así como diferentes rúbricas para la evaluación de los alumnos. Su elaboración me ha permitido comprender la importancia que tiene utilizar distintos parámetros y criterios para evaluar a los alumnos, además de la autoevaluación y el posterior análisis y reflexión de la práctica docente como un recurso muy adecuado que compara objetivos con resultados y que tiene como finalidad mejorar dicha práctica y por último, la coevaluación llevada a cabo por el alumnado que proporciona datos interesantes para poner de manifiesto la visión objetiva y más realista de un trabajo en equipo. Para finalizar se ha aprendido a elaborar diferentes rúbricas en función de lo que se pretenda calificar.
- ✓ De acuerdo con la jerarquización dada por Sanmartí (2002) sobre las finalidades del aprendizaje científico, a pesar de que todas ellas tienen su importancia, bajo mi punto de vista las más importantes son (y en este orden): a) aprender a trabajar en equipo, a organizar el trabajo, a buscar información y, en general, aprender a aprender, b) desarrollar el pensamiento lógico y racional, c) desarrollar actitudes científicas como la curiosidad, el espíritu crítico, la honestidad, la perseverancia, etc. y d) aprender a disfrutar haciendo ciencia. Pues bien, curiosamente he de decir que los dos trabajos presentados se centran principalmente en estas cuatro

premisas y además casi siguiendo este orden. Así, esta escala también permite tener en mente saber que finalidades priorizamos en el aprendizaje facilitando la dirección de trabajo.

Como apartado adicional, incluyo una breve reflexión sobre cómo se tendrían que modificar estos proyectos para poder llevarlos a cabo en clases virtuales.

En el caso del proyecto de Innovación la primera parte correspondiente a la metodología *flipped-classroom* se mantendría igual puesto que esta estrategia metodológica permite trabajar fácilmente de este modo. Precisamente, esta metodología surge en sus orígenes, a través de Jonathan Bergman y Aaron Sams, como alternativa para que aquellos estudiantes que no habían asistido a las clases pudieran tener acceso a las lecciones de un modo virtual. En cuanto a la segunda parte donde se lleva a cabo la experimentación habría que realizar algunas modificaciones.

Así, varias de las actividades experimentales planteadas se podrían sustituir por applets o simuladores y otras, dependiendo de cuál en particular se podrían modificar y sustituir por la realización de videos en los que yo realizara la experiencia a la vez que fuera incorporando las explicaciones pertinentes, siempre y cuando contara tanto con el material como con unas condiciones que me lo permitieran, puesto que estas experiencias se han pensado para que se lleven a cabo en un laboratorio y no en casa. En este caso el riesgo y la peligrosidad asociada a la manipulación de mucho de los reactivos químicos con los que se plantea las actividades impedirían que los alumnos pudieran realizarlas en sus casas, aunque es posible que algunos se pudieran sustituir por otros más inocuos. Estos videos se podrían visualizar durante la clase virtual. Para ello el profesor conforme va avanzando el video iría incorporando nuevos conocimientos y explicaciones a las mostradas en los mismos. Los alumnos también podrían trabajar con las applets en la clase virtual a la vez que el docente va guiando su uso, las explicaciones, etc.

En concreto, en la primera sesión los alumnos podrían trabajar las preguntas planteadas al inicio de manera virtual mientras que la actividad sobre el funcionamiento del champú se podría realizar como tarea individual en casa y los resultados obtenidos se podrían poner en común con la clase en una sesión posterior. El resto de la actividad que consiste en la medida del pH de sustancias de uso habitual en el hogar se realizaría a través de un video que se vería en la clase para así después poder elaborar una tabla y realizar los apartados que se indican al final de la sesión de manera virtual. La segunda sesión también se podría desarrollar mediante la elaboración de otro video sobre la primera y segunda parte de la actividad planteada. La tercera, que consiste en la adición de unas gotas de extracto de col lombarda sobre algunos reactivos químicos se podría modificar con otros reactivos de uso doméstico como un anti-cal, pastillas anti-ácido, gaseosa, sal, zumo de limón y naranja, vinagre, coca-cola, aspirina y leche para que los alumnos pudieran hacerlo ellos mismo en casa. Los dos primeros apartados de la tercera sesión se pueden mantener con están, mientras que el tercero lo haría el profesor a través de un video, al

igual que la cuarta sesión que en su totalidad debería ser realizada por el profesor. La quinta y sexta sesión también se pueden mantener como están, puesto que su diseño permite que se puedan abordar fácilmente desde una clase virtual.

En el caso de la propuesta didáctica para el aprendizaje de *El sonido* sería muy difícil llevar a cabo este proyecto en una clase virtual tal y como está planteado e incluso con profundas modificaciones sobre el mismo continuaría siendo bastante complicado. Los motivos por los que se afirma esto son los siguientes:

Este trabajo se ha diseñado para que los alumnos puedan aprender haciendo y puedan construir conocimientos trabajando en grupo. Ninguna de estas dos condiciones se pueden dar en una clase virtual en el grado necesario para que se consiga este efecto.

Las clases virtuales también dificultan en un grado elevado que los alumnos puedan interactuar argumentando, razonando y confrontando sus puntos de vista con los demás. Además, aunque ellos mismos pudieran hacer las experiencias cada uno en su casa, dado que la mayoría de ellas no son especialmente complicadas ni peligrosas, el resto de condiciones necesarias no se alcanzan.

Además de estos motivos, existe otro fundamental y es que en las clases virtuales no se recibe ningún *feedback*, tal y como he podido comprobar durante el *Practicum II*, complicando mucho más su posible puesta en marcha, debido a que se pierde una gran cantidad de información visual sobre la comunicación no verbal de los alumnos que resulta fundamental e imprescindible para conocer en qué medida siguen y comprenden lo que están haciendo.

En relación a lo anterior, sin este *feedback* resulta muy difícil que el docente pueda actuar de guía y así pueda ayudar a organizar las ideas, estimular reflexiones y guiar a los estudiantes para que lleguen a razonamientos adecuados.

Con todas estas razones se puede afirmar que la metodología indagatoria o al menos la que en este proyecto se ha planteado necesita poder llevarse a cabo una clase presencial. Tal y como está formulado este trabajo, la argumentación, el razonamiento y la confrontación de los alumnos con su grupo, con el profesor y con toda la clase así como la manipulación o realización de las experiencias y el *feedback* resultan indispensables para que esta metodología funcione y se obtengan resultados positivos.

Quizás como alternativa poco segura se podría intentar dividir la clase en grupos y así tratar de poner en marcha las actividades en un grupo muy reducido de alumnos (hasta ocho como máximo).

## 5. CONCLUSIONES

En primer lugar, quiero señalar que la realización de este Máster ha sido una experiencia gratificante, enriquecedora y llena de nuevos aprendizajes. Gracias a él me he integrado más en esta profesión, comprendiendo su marco legal e institucional, su situación y los retos en la sociedad actual, los contextos sociales y familiares que rodean y condicionan el desempeño docente y en la participación de la organización de los Centros educativos.

He adquirido conocimientos en áreas tan importantes como la didáctica, la psicología educativa o la pedagogía que resultan imprescindibles para la práctica docente. Así, he aprendido: una gran variedad de métodos, estrategias y recursos didácticos que incluyen contribuir al desarrollo de los estudiantes en todos los niveles y orientarlos académica y profesionalmente, partiendo de sus características psicológicas, sociales y familiares; cómo propiciar una convivencia formativa y estimulante en el aula; también los principios y teorías más relevantes sobre los procesos de E-A pasando por planificar, diseñar, organizar y desarrollar el programa y las actividades de aprendizaje y evaluación en nuestra especialidad y por último, a evaluar, innovar e investigar sobre los propios procesos de enseñanza con el objetivo de la mejora continua de su desempeño docente y de la tarea educativa. Las asignaturas optativas han completado esta formación permitiendo mejorar mis habilidades comunicativas y adquiriendo conocimientos sobre la mejora de la convivencia dentro y entre los distintos sectores que conforman los centros educativos, del clima de aula y de la resolución de conflictos.

Con este Máster he aprendido que para ser un buen docente no sólo basta con el dominio absoluto de nuestra materia sino que también resulta imprescindible saber cómo exponerla y de qué manera, teniendo en cuenta además las características psicológicas de los alumnos, su grado de desarrollo cognitivo y su contexto social. De este modo, este Máster vertebra y cohesiona estas tres disciplinas: conocimientos del área disciplinar, de su didáctica específica y del bloque psicosociopedagógico que resultan fundamentales para el desempeño de esta profesión. Esto se particulariza para los profesores de Ciencias en que además de estas disciplinas necesitan contar con actitudes positivas hacia las ciencias, objetivos educativos, valores, metas para la educación científica y poseer actitudes positivas hacia el desarrollo profesional y una conciencia del propio proceso de aprendizaje.

Teniendo en cuenta que la profesión docente exige tanto de una formación sólida en nuestra disciplina como el dominio de las competencias profesionales que son específicas del docente, para lograr este doble perfil necesitamos una formación inicial del profesorado. Así, el paso por este Master resulta completamente necesario así como lo es la formación continuada a lo largo de la trayectoria profesional.

Destaca el papel fundamental de la Didáctica de las Ciencias que permite mejorar la formación inicial y continua del profesorado, analizar cómo adquiere el conocimiento de ciencias el alumnado y optimizarlo, diseñar materiales que introduzcan innovaciones en

el aula y analizar los resultados de su implementación, estudiar la influencia que tiene la introducción de la historia y naturaleza de la Ciencia o la perspectiva CTS en el aprendizaje de ciencias. A partir de la bibliografía existente en este amplio campo de estudio se ha podido incorporar numerosos y nuevos aprendizajes.

Los trabajos realizados a lo largo del Máster, a pesar de que han sido muy numerosos, me han aportado importantes herramientas, conocimientos y recursos de valor, queriendo destacar así que a través de ellos he podido obtener numerosos aprendizajes. En particular, con respecto a los dos trabajos que se han presentado creo que son los más completos y los que integran mayor cantidad de saberes y contenidos del Máster y en especial de los contenidos específicos que se imparten en el segundo cuatrimestre. En resumen, se puede destacar que a través de ellos se ha aprendido: a diseñar propuestas de actividades innovadoras, atractivas y diferentes a las que suelen aparecer en la metodología de enseñanza tradicional atendiendo a las características psicológicas de los alumnos, de su desarrollo cognitivo, del curso y de los contenidos específicos donde se fomentan actividades con contenidos CTSA, el trabajo en equipo y las TICs, a planificar el tiempo necesario para llevarlos a cabo, a plantear una evaluación inicial que sirva de punto de partida, a conocer las ideas alternativas que presentan los alumnos y cómo su conocimiento y estudio puede ayudarnos a construir los nuevos conocimientos, a tratar de acercar la Ciencia a los alumnos buscando contextos más familiares, a realizar un análisis de los contenidos y su secuenciación posterior para la mejora de los resultados, a diseñar actividades que promuevan el interés, la comprensión, la curiosidad y la reflexión, a ser variado utilizando diferentes recursos y materiales, a jerarquizar el aprendizaje científico, a diseñar y proponer una evaluación final equilibrada y que sirva tanto para evaluar a los estudiantes como el proceso que se ha utilizado, a fomentar otro tipo de herramientas y a aprender a ser reflexivo y crítico con el trabajo realizado por uno mismo.

Mi gran reto y contribución principal consiste en contribuir a modificar el rol tradicional que existe todavía demasiado extendido en las aulas, del que he podido ser testigo en primera persona, y que nos ha llevado hasta la situación actual en pro de metodologías activas que dan entero protagonismo a los alumnos y donde el profesor se convierta en un facilitador de aprendizajes. Con ello, no quiero decir que renuncie completamente a la clase magistral pues en ocasiones concretas su uso resulta adecuado, pero si reducir considerablemente su presencia en las aulas. Como se ha dicho anteriormente, éstas ofrecen una alternativa atractiva a la educación tradicional al hacer más énfasis en lo que aprende el estudiante que en lo que enseña el docente, y esto da lugar a una mayor comprensión, motivación y participación del estudiante en el proceso de aprendizaje.

En particular, las dos propuestas que se han presentado en esta memoria son el fruto de esta apuesta de futuro. En este sentido, me gustaría recibir formación complementaria sobre otras metodologías activas así como nuevas estrategias y herramientas que me permitan ampliar el abanico de recursos utilizados en clase.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

### Referencias

- Abrahams, I. y Reiss, M. J. (2012), Practical work: Its effectiveness in primary and secondary schools in England. *Journal of Research in Science Teaching*, 49, 1035–1055.
- Acebedo Díaz, J. A. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1, (1), 3–15. Recuperado el 29/04/2019 de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92010102>
- Arango, N., Chavez, M. y Feinsinger, P. (2002). Enseñanza de ecología en el patio de la escuela EEPE. Guía Metodológica para la enseñanza de Ecología en el Patio de la Escuela. Nueva York: National Audubon Society.
- Barrow, L. H. (2006). A Brief History of Inquiry: From Dewey to Standards. *Journal of Science Teacher Education*, 17, 265–278.
- Bevins, S. y Price, G. (2016). Reconceptualising inquiry in science education. *International Journal of Science Education*, 38(1), 17–29.
- Blanco i Felip, P (2008). El trabajo cooperativo: una competencia básica para la transformación de los centros educativos de secundaria. *Revista Iberoamericana de Educación*, 46(4), 1–13. <http://rieoei.org/deloslectores/2227Blancov2.pdf>
- Casado, G. y Raviolo, A. (2005). Las dificultades de los alumnos al relacionar distintos niveles de representación de una reacción química. *Universitas Scientiarum. Revista de la Facultad de Ciencias*, 10, 35–43.
- Chickering, A. W. y Gamson, Z. F. (1987). Siete principios de buenas prácticas en la educación. ERIC - *Institute of Education Sciences*, 6. Recuperado de <http://bioinfo.uib.es/~joemiro/TecAvAula/ChickGamson.pdf>
- Coll, C. y Solé, I. (1989). Aprendizaje significativo y ayuda pedagógica, *Cuadernos de Pedagogía*, 168, 16–20.
- Couso D., Jiménez M. P., López-Ruiz J., Mans C., Rodríguez C., Rodríguez J.M. y Sanmartí, N. (2011). Informe ENCIENDE: Enseñanza de las Ciencias en la Didáctica escolar para edades tempranas en España. Madrid: Rubes Editorial.
- Couso, D. (2014). De la moda de “aprender indagando” a la indagación para modelizar: una reflexión crítica. 26EDCE. *Investigación y transferencia para una educación en ciencias: Un reto emocionante*, 1-28. Huelva: Servicio de Publicaciones Universidad de Huelva. Recuperado de <https://encuentrodedidcticadelamatematicasyciencias.files.wordpress.com/2015/12/couso-2014.pdf>



- Cristobal, C. & García, H. (2013). La indagación científica para la enseñanza de las ciencias. *Horizonte de La Ciencia*, 3(5), 99–104. Recuperado de: <http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5420523.pdf>
- Daza Pérez, E. P., Gras-Martí, A., Gras-Velázquez, Á., Guerrero Guevara, N., Gurrola Togasi, A., Joyce, A., Mora-Torres, E., Pedraza, Y., Ripoll, E. y Santos, J. (2009). Experiencias de enseñanza de la química con el apoyo de las TIC. *Educación química*, 20(3), 320–329. Recuperado en 29/04/2019, de <http://www.scielo.org.mx/pdf/eq/v20n3/v20n3a4.pdf>
- Del Carmen, L. (1997). La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria. Barcelona: Ed. Horsori.
- Duit, R., Gropengießer, H. y Kattmann, U. (2005). Towards science education research that is relevant for improving practice: The model of educational reconstruction. En H. E. Fischer (ed.). *Developing Standards in Research on Science Education*, 1–9. London: Taylor & Francis Group.
- Esteve, A. R. y Solbes, J. (2017). El desinterés de los estudiantes por las ciencias y la tecnología en el bachillerato y los estudios universitarios. *X congreso internacional sobre investigación en didáctica de las ciencias*, Sevilla, 5-8 de septiembre de 2017.
- French, D. y Russell, C. (2002). Do graduate teaching assistants benefit from teaching inquiry-based laboratories? *Bioscience*, 52(11), 1036–1041.
- Furió-Más, C., Solbes, J. y Carrascosa, J. (2006). Las ideas alternativas sobre conceptos científicos: tres décadas de investigación. Resultados y perspectivas. *Alambique*, 48, 64–78.
- Furió, C. y Furió, C. (2000). Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos. *Educación Química*, 11(3), 300–308.
- Furtak E. M., Seidel T., Iverson H. y Briggs D. C. (2012). Experimental and Quasi-Experimental Studies of Inquiry-Based Science Teaching. *Review of Educational Research*, 82(3), 300–329.
- Gabel, D. (1999). Improving teaching and learning through chemistry education research: A look to the future. *Journal of Chemical education*, 76(4), 548–554. Recuperado el 28/04/2019 de <https://www.sas.upenn.edu/~patann/jchemgabel.pdf>
- García-Palacios, E. M., González-Galbarte, J. C., López-Cerezo, J. A., Luján, J. L., Martín-Gordillo, M., Osorio, C. y Valdés, C. (2001). Ciencia, Tecnología y Sociedad: una aproximación conceptual. Cuadernos de Iberoamérica, Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI). Recuperado de: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/cp4elec.pdf>
- Gil Quílez, M. J., Martínez Peña, M. B., De la Gándara Gómez, M., Calvo Hernández, J. M. y Cortés Gracia, A. (2008). De la universidad a la escuela: no es fácil la

- indagación científica. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 63 (22,3), 81–100.
- Gras-Martí, A. y Cano-Villalba, M. (2003). TIC en la enseñanza de las Ciencias Experimentales. *Comunicación y pedagogía*, 190, 39–44.
- Kawalkar, A. y Vijapurkar, J. (2013) Scaffolding Science Talk: The role of teachers' questions in the inquiry classroom. *International Journal of Science Education*, 35(12), 2004–2027.
- Kilic, D. S., Emsen, P. y Sorana, H. (2011). Behavioral Intention Towards Laboratory Applications in Science Teaching. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 28 416–420.
- Haury, D. (1993). Teaching science though inquiry. ERIC CSMEE Digest.
- Hmelo-Silver, C., Duncan, R. y Chinn, C. (2007). Scaffolding and achievement in problembased learning and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, 42(2), 99–107.
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. Investigación y experiencias didácticas. *Enseñanza de las ciencias*, 12(3), 299–313.
- Hofstein, A. y Lunetta V. N. (2004). The laboratory in science education: foundation for the 21<sup>st</sup> century, *Science Education*, 88(1), 28–54.
- Hofstein, A., Navon, O., Kipnis, M. y Mamlok-Naaman, R. (2005). Developing Students' Ability to Ask More and Better Questions. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(7), 791–806.
- Hofstein A. y Mamlok-Naaman, R. (2007). The laboratory in science education: the state of the art. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(2), 105–107.
- Johnstone, A. H. J. Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 1991, 7, 701–703.
- Latorre Ariño, M. (2015). Pedagogía de la Indagación guiada. Recuperado de <https://marinolatorre.umch.edu.pe/wp-content/uploads/2015/09/33.-Aprendizaje-por-Indagaci%C3%B3n-Ejemplos.pdf>
- Lazarowitz, R. y Tamir, P. (1994). Research on using laboratory instruction in science, in D. L. Gabel. (Ed.) *Handbook of research on science teaching and learning*, 94–130, New-York: Macmillan.
- Lazonder A.W. y Harmsen R. (2016). Meta-Analysis of Inquiry-Based Learning Effects of Guidance. *Review of Educational Research*, 20(10), 1–38.
- Lederman N.G., Lederman J.S. y Antink, A. (2013). Nature of science and scientific inquiry as contexts for learning of science and achievement of scientific literacy.



- International. *Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 1(3), 13–147.
- Lunetta, V.N. (1998). The school science laboratory: historical perspectives and centers for contemporary teaching. In P. Fensham (Ed.). *Developments and dilemmas in science education*, 169–188, London, Falmer Press.
- Lunetta, V.N., Hofstein, A. y Clough, M. (2007). Learning and teaching in the school science laboratory: an analysis of research, theory, and practice, In N, Lederman. and S. Abel (Eds.), *Handbook of research on science education*, 393–441, Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Manuel Torres, E., Jiménez Liso, M.R. y Salinas López, F. (1998). Conceptos relacionados con los ácidos y las bases al nivel macroscópico: evolución histórica e ideas de los alumnos. *La didáctica de las ciencias: tendencias actuales*, 359–368. Recuperado el 22/04/2019 de <https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/10862/CC%2050%20art%2025.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Marqués, M. (2016). Que hay detrás de la clase al revés (flipped classroom). XXII Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática, JENUi, Almería, 77–88. Recuperado el 29/04/2019 de <https://www.uv.es/grimo/publications/jenui2016b.pdf>
- Martín Rodríguez, D. y Santiago Campion, R. (2016). "Flipped Learning" en la formación del docente de secundaria y bachillerato. Formación para el cambio. *Contextos Educativos. Revista de Educación*. Número extraordinario 1. 117–134. Recuperado el 29/04/2019 de <https://publicaciones.unirioja.es/ojs/index.php/contextos/article/view/2854/2683>
- Millar, R., Tiberghien, A. y Le Maréchal, J. F. (2002). Varieties of labwork: A way of profiling labwork tasks. In D. Psillos, & H. Niedderer (Eds.). *Teaching and learning in the science laboratory*, 9–20. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Millar, R. (2011). Practical work. In J. Osborne & J. Dillon (Eds.), *Good practice in science teaching: What research has to say*, 108–134. Maidenhead: Open University Press.
- Minner, D., Levy, A. y Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction—What is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47, 474–496.
- National Science Teachers Association, “Science-technology-society: A New Effort for Providing Appropriate Science for all (Position Statement)”, en *NSTA Handbook*, Washington, (1990- 1991), 47–48.

- Oliveira, A. (2009). Kindergarten, can I have your eyes and ears? politeness and teacher directive choices in inquiry-based science classrooms. *Cultural studies of Science Education*, 4, 803–846.
- Ordenes, R., Arellano, M., Jara, R. y Merino, C. (2013). Representaciones macroscópicas, submicroscópicas y simbólicas sobre la materia. *Educación Química*, 25(1), 46–55.
- Ofsted (2011). Successful science: An evaluation of science education in England 2007–2010. Manchester, UK: Ofsted.
- Pedaste M., Mäeots M., Siiman L.A., De Jong T., Van Riesen S.A., Kamp E.T., Tsourlidaki E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational research review*, 14, 47–61.
- Perales, J. (1997). Escuchando el Sonido: Concepciones sobre la acústica en alumnos de distintos niveles educativos. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(2), 233–247.
- Pozo, J.L. y Gómez-Crespo, M. A. (2009). Aprender y enseñar ciencia. Madrid: Ediciones Morata S.L.
- Puigdellivol, J. (2000): La educación especial en la escuela integral. Barcelona: Graó.
- Rabadán, J. (2012). La enseñanza y aprendizaje de las ciencias mediante la indagación como factor determinante en la mejora de la calidad de los aprendizajes de los alumnos. Trabajo presentado en el V Congreso Mundial de Estilos de Aprendizaje, Santander (junio, 2012). Texto recuperado de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4644665>
- Reyes-Cárdenas, F. y Padilla, K. (2012). La indagación y la enseñanza de las ciencias. *Educación Química*, 23(4), 415–421.
- Rocard, M et al. (2007). Science Education Now: A renewed pedagogy for the future of Europe. Brussels: European Commission.
- Rodríguez-Arteche I. y Martínez-Aznar M. M. (2016). Indagación y modelos didácticos: La reflexión de cuatro profesores de física y química en formación inicial. *Campo Abierto*, 35 (1), 145–160.
- Romero-Ariza M. (2017). El aprendizaje por indagación, ¿existen suficientes evidencias sobre sus beneficios en la enseñanza de las ciencias? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14 (2), 286–299. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10498/19218>
- Séré, M. G. (2002a). La enseñanza en el laboratorio. ¿Qué podemos aprender en términos de conocimiento práctico y de actitudes hacia la ciencia? *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 357–368.
- Séré, M. G. (2002b). Towards renewed research questions from the outcomes of the european project labwork in science education. *Science Education*, 86, 624–644.

- Solbes, J. (2011). ¿Por qué disminuye el alumnado de ciencias? *Didáctica de las ciencias experimentales Alambique*, 67, 53–61.
- Solbes, J., Montserrat, R. y Furió, C. (2007). El desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 21, 91–117.
- Uno, G. (1990). Inquiry in the classroom. *BioScience*, 40(11), 841–843.
- Uzcátegui, Y. y Betancourt, C. (2013). La metodología indagatoria en la enseñanza de las ciencias: una revisión de su creciente implementación a nivel de Educación Básica y Media. *Revista de Investigación*, 37(78), 109–127.

Para la elaboración de las actividades del trabajo 1 se han utilizado como base los siguientes recursos:

- Royal Society of Chemistry 2019: Learn Chemistry: <http://www.rsc.org/learn-chemistry/>
- STEM Learning Ltd: <https://www.stem.org.uk/resources/>
- Unizar. Actividades de Ciencias: [http://www.unizar.es/actividades\\_fq/](http://www.unizar.es/actividades_fq/)

## 7. ANEXOS

### ANEXO 1. CUESTIONES PREVIAS (trabajo 1)

1. Si decimos que una sustancia es ácida eso quiere decir que:
  - ☐ Es venenosa
  - ☐ Quema la piel
  - ☐ Tiene un pH bajo
  - ☐ Su sabor es fuerte
  - ☐ Perjudica la salud
2. Cuando se dice que una sustancia es básica, es porque:
  - ☐ Es muy importante
  - ☐ Tiene un pH alto
  - ☐ Es necesaria para la vida
  - ☐ No es ácida
  - ☐ Quema la piel
3. Señala en la lista, los ámbitos en los que creas que tienen un destacado papel los ácidos y las bases:

<input type="checkbox"/> Salud	<input type="checkbox"/> Cosmética	<input type="checkbox"/> Laboratorio
<input type="checkbox"/> Joyería	<input type="checkbox"/> Industria	<input type="checkbox"/> Alimentación
<input type="checkbox"/> Limpieza	<input type="checkbox"/> Agricultura	<input type="checkbox"/> Higiene personal
<input type="checkbox"/> Transporte	<input type="checkbox"/> Vestido y calzado	<input type="checkbox"/> Funcionamiento del organismo
4. Marca las sustancias que creas que son ácidas de la siguiente lista:  
Lejía, agua potable, vino, detergente, pastillas antiácido, sangre, agua de lluvia, champú, vinagre, leche, zumo de naranja, zumo de limón, coca-cola.
5. Marca las sustancias que creas que son básicas de la siguiente lista:  
Lejía, agua potable, vino, detergente, pastillas antiácido, sangre, agua de lluvia, champú, vinagre, leche, zumo de naranja, zumo de limón, coca-cola.
6. El pH es:
  - ☐ Una característica de las sustancias
  - ☐ Una propiedad de los líquidos
  - ☐ Las iniciales de producto hidrolizado
  - ☐ Una medida de la fuerza de una sustancia
  - ☐ Un número relacionado con la acidez
7. La expresión lluvia ácida se refiere a:
  - ☐ Una gran cantidad de ácidos
  - ☐ Lluvia salada
  - ☐ El agua con sustancias disueltas

## ANEXO 2. INSTRUCCIONES PARA QUE LOS ALUMNOS TRABAJEN EN CASA para el trabajo 1

Para trabajar el contenido en casa:

1. Escucharéis atentamente el siguiente video y anotaréis en vuestro cuaderno todas las dudas y lo que nos haya quedado claro:  
<https://www.youtube.com/watch?v=anwvTXIWoiE>
2. También tendréis colgada una presentación (Anexo 8) en mi blog (dentro la página web del instituto) que tenéis que mirar para reforzar y completar la información que no aparece en el video. De nuevo anotáis en el cuaderno todas las dudas o lo que no te haya quedado claro.
3. En clase (última sesión) resolveremos lo que no se haya entendido y vuestras dudas.

En mi blog podréis encontrar además una tabla con lo que vamos a hacer en las próximas seis sesiones de clase.

## ANEXO 3. BANCO DE ACTIVIDADES para el trabajo 1

NOTA: En todas estas experiencias los alumnos trabajarán con el equipamiento mínimo de seguridad (bata, gafas de seguridad y guantes).

Cada una de las sesiones experimentales tiene unos objetivos concretos que se han especificado pero además todas ellas tienen los siguientes objetivos *secundarios*, como consecuencia de aquellos, que son:

- Despertar la curiosidad de los alumnos hacia los fenómenos cotidianos.
- Reconocer la presencia de la química en fenómenos de la vida cotidiana
- Fomentar el espíritu reflexivo en el alumnado
- Comprender significativamente el tema de ácidos y bases.

### SESIÓN 1: FAMILIARIZÁNDONOS CON EL pH DE LAS SUSTANCIAS DE ÁMBITO COMÚN

---

Temporalización: 50 min

Se desarrolla en el laboratorio (y parte en casa) en grupos de cuatro-cinco personas

En esta práctica se pretende hacer una introducción al tema de ácidos y bases con productos de uso común. Al aplicarse en un contexto familiar se mejora y acelera el proceso de aprendizaje de los alumnos.

Para ello los alumnos compararán los valores de pH del agua pura y del agua a la que se han añadido diversas sustancias de uso habitual en el hogar y las clasificarán en ácidas, neutras o básicas atendiendo al pH observado. Las medidas del pH se llevarán a cabo con papel indicador.

También se pretende que con esta actividad comprendan el concepto de pH puesto que aparece notoriamente en la publicidad con anuncios tanto de productos de limpieza como de uso personal. El uso extendido parte de este concepto científico por la sociedad hace que exista cierta curiosidad sobre lo que transmiten este tipo de anuncios.

De este modo, la actividad se iniciaría con las siguientes preguntas:

- ¿Qué quiere decir que una sustancia es neutra?
- ¿Qué significa pH neutro?
- Cuando en publicidad se habla de que un producto es neutro ¿qué se quiere decir?
- ¿Es realmente neutro el pH de los productos anunciados?

Estas preguntas las haría el profesor a la clase al inicio para que las respondieran entre todos los alumnos, mientras que el profesor guía estas respuestas.

Antes de comenzar la actividad, el profesor también pedirá a los alumnos que elaboren una lista ordenando las sustancias con las que van a trabajar en orden creciente de acidez.

Materiales y reactivos: Tubos de ensayo, gradilla, frasco lavador con agua destilada, cuentagotas, rotulador permanente, papel indicador de pH, agua destilada, productos de



limpieza de uso cotidiano (agua, lejía doméstica, lejía para lavadora, amoníaco de limpieza, anti-cal, pastillas anti-ácido, gaseosa, sal, zumo de limón y naranja, agua de mar, vinagre, coca-cola, aspirina, leche).

El procedimiento consiste en que por grupos se introducen con un cuentagotas 1 mL de las sustancias cuyo pH se quiere determinar en los diferentes tubos de ensayo (bien etiquetados) y 5 mL de agua destilada en todos ellos. Se agita y se mide el pH con el papel indicador. Se escribe de forma aproximada el pH obtenido con cada tubo mediante papel indicador. Se mide también el pH del agua destilada. Se ordenan los tubos de ensayo haciendo una gradación de mayor a menor pH o viceversa.

Con cinco sustancias que los alumnos elijan se añaden 2 gotas de cada uno de ellos en los tubos de ensayo y 5 mL de agua destilada. Se agita y mide el pH.

Tras la práctica, los alumnos en conjunto y guiados por el profesor harán lo siguiente:

1. Elaborarán una tabla y la compararan con la que habían realizado inicialmente.
2. Clasificarán los productos según sean ácidos, neutros o básicos y buscarán la relación que existe entre los pH muy ácidos o muy básicos y la agresividad de los productos de limpieza.
3. Analizarán cómo le ha afectado al pH del agua destilada la adición de una pequeña cantidad de las cinco sustancias que han elegido y contestarán a la siguiente pregunta: ¿Crees que es fácil que el pH del agua varíe en el medio natural?
4. Analizarán la veracidad de la pregunta introductoria ¿Es realmente neutro el pH de los productos anunciados?

## (2) CÓMO FUNCIONA UN CHAMPU:

Nota: previo a esta sesión el profesor pedirá a los alumnos que traigan una botella de champú que contenga un poco de este producto con el precio. Además el profesor traerá una muestra de un champú caro para que también analicen.

El profesor introduce el tema: los champús son sustancias que se usan regularmente, pero ¿que hay en ellos? ¿Habéis leído alguna vez los ingredientes que contiene? ¿Os ha llamado la atención la cantidad de ingredientes que hay? ¿Sabéis cómo funcionan? Con la sesión de hoy descubriréis algo más sobre su funcionamiento

Se trabaja en grupos de 4-5 personas.

En el laboratorio los alumnos comprobarán el pH de los champús que han traído.

Material y reactivos: De cuatro a seis muestras de champú, tubos de ensayo, gradilla, rotulador permanente, agua destilada, indicador universal y cuentagotas.

Procedimiento abreviado: se coloca una gota de champú en un tubo de ensayo, se añade agua destilada hasta unas  $\frac{3}{4}$  partes y dos gotas de indicador universal. El tubo se agita, se observa y anota el color y el pH de la disolución resultante. Este procedimiento se repite dos veces para cada champú y con todos los champús del grupo.

También responderán a la siguiente pregunta:

¿Qué tipo de sustancias son los champús?

Con todos los datos recogidos por los grupos el profesor elabora una tabla para que entre toda la clase se contesten las preguntas anteriores, además de:

¿Por qué los champús son ácidos y no básicos?

¿Qué pasaría si se usara un champú alcalino?

¿Merece la pena gastar más dinero en un champú más caro?

En casa elaborarán junto con el documento aportado por el profesor (tabla de datos sobre los ingredientes en cosméticos, ver Anexo 6) y los ingredientes del champú caro una tabla, como la que se muestra, con de los ingredientes que se encuentran en los champús del grupo indicando el nombre del champú y a qué tipo pertenecen: surfactantes, conservantes, emulsionantes, sales, espesantes o aromas.

Nombre del champú	Surfactantes	Conservantes	Emulsionantes	Sales	Espesantes	Perfume

Además, tendrán que responder a las siguientes preguntas (con el grupo):

¿Por qué son necesarias todas estas sustancias en el champú?

¿Qué diferencias existen, en cuanto ingredientes, entre los diferentes champús de tu grupo?

¿Por qué los champús tienen tantos ingredientes?

¿Todos los champús funcionan de la misma forma?

¿Qué diferencias existen entre los champús para cabello graso, seco o teñido?

¿Qué ingredientes dan al champú sus propiedades?

#### **Para investigar en casa:**

Elabora una lista con los ácidos y bases fuertes que todo el mundo ha de conocer para evitar su contacto.

En nuestro organismo existen diferentes líquidos fisiológicos. Elabora una lista con los que conozcas, predice su carácter ácido, básico o neutro y busca información para comprobarlo. ¿Qué importancia puede tener el cambio de pH de algunos de estos fluidos? Busca información y relaciona los contenidos que hemos trabajado en clase con el problema de la caries dental y su prevención. ¿A partir de que pH se daña el esmalte dental?

Relaciona lo que este contenido con lo siguiente: ¿Por qué es peligroso tomar aspirina con el estómago vacío? En caso necesario puedes documentarte

¿Cómo podrías contrarrestar la picadura de ciertos insectos o plantas, con productos caseros, sabiendo que en algunos casos es más ácida y en otros más básica de lo habitual para nuestra piel?

Teniendo en cuenta que algunos ácidos y bases se encuentran entre las sustancias de mayor interés industrial, busca información en diversas fuentes acerca de qué ácidos y bases se producen a nivel industrial, de sus principales aplicaciones y de su localización en España y elabora un pequeño resumen en el que se reflejen estos contenidos.

## SESIÓN 2: EXPLORANDO LOS INDICADORES

Con esta experiencia se pretende que los alumnos observen y mejoren su comprensión sobre el funcionamiento de un indicador. La tercera parte de la práctica pretende profundizar un poco más sobre el comportamiento de estas sustancias. En la última se persigue que los alumnos conozcan que muchas sustancias que pueden extraerse de especies vegetales actúan como indicadores ácido-base.

Antes de comenzar la sesión el profesor hará las siguientes preguntas:

¿Qué es un indicador? ¿Cómo funciona?

Esta actividad consta de cuatro partes.

Se desarrolla en el laboratorio en grupos de cuatro-cinco personas. Tiempo estimado (50 min).

Materiales y reactivos: Tubos de ensayo, gradilla, frasco lavador con agua destilada, rotulador permanente, indicador universal, ácido clorhídrico diluido (0.1 M) y disolución de NaOH diluido (0.1 M), disolución de ácido bórico, disolución de bicarbonato de sodio, disolución de ácido acético, diferentes indicadores (azul de bromotimol, naranja de metilo, y fenolftaleína), cuentagotas.

Procedimiento abreviado:

(1) La actividad comienza investigando el color que presentan cada uno de los indicadores en medio ácido o básico. Para ello se añade 2 mL de ácido clorhídrico diluido y 2 gotas de un indicador. Se anota el color del indicador. Sobre otro tubo de ensayo se añaden 2 mL de hidróxido de sodio diluido y se adicionan dos gotas del mismo indicador para saber el color que toma en medio básico. Este mismo procedimiento se repite con los otros dos indicadores y con los colores obtenidos se elabora una tabla.



En medio ácido



En medio básico

Nombres de los indicadores (de izquierda a derecha): Fenolftaleína, rojo de metilo, azul de bromotimol, naranja de metilo, rojo congo

(2) A continuación se trata de sacar conclusiones a partir de los colores que toman los indicadores anteriores en dos disoluciones, disolución de ácido bórico y disolución de bicarbonato de sodio. Para ello, se incorporan 2 mL de una de las disoluciones en tres tubos de ensayo sobre los que se añaden dos gotas de cada uno de los indicadores, respectivamente. Con los colores observados se decide si es una base o un ácido. El mismo procedimiento se repite con la otra disolución. Con los datos obtenidos se elabora una tabla como la siguiente:

	<b>Resultados obtenidos con la disolución de ácido bórico</b>	<b>Resultados obtenidos con la disolución de bicarbonato de sodio</b>
<b>Color obtenido con azul de bromotimol</b>		
<b>¿Es un ácido o una base con azul de bromotimol?</b>		
<b>Color obtenido con naranja de metilo</b>		
<b>¿Es un ácido o una base con naranja de metilo?</b>		
<b>Color obtenido con fenolftaleína</b>		
<b>¿Es un ácido o una base con fenolftaleína?</b>		

¿A qué conclusiones llegas con estos resultados?

(3) Se prepara una mezcla con los tres indicadores añadiendo sobre un tubo de ensayo 10 gotas de azul de bromotimol, 5 gotas de naranja de metilo y 5 gotas de fenolftaleína y se agita.

Se añaden 2 mL de las siguientes sustancias (ácido clorhídrico diluido, ácido bórico diluido, agua del grifo, disolución de bicarbonato de sodio y disolución de hidróxido de sodio) en tubos de ensayo y sobre cada uno se incorpora dos gotas de la mezcla de indicadores. Se observa y anotan los colores obtenidos en cada una de las disoluciones.

Con los resultados obtenidos elaboran una tabla que muestre el color obtenido y la disolución correspondiente.

El profesor mostrará los colores obtenidos con los 3 indicadores y las disoluciones comentadas anteriormente. Con la comparación de estos datos con los anteriores los alumnos tienen que tratar de explicar los resultados obtenidos. Esta parte se hará en común con la clase y guiados por el profesor.

¿Crees que todos los indicadores sirven para medir el pH? ¿Por qué?

Utilizando fenolftaleína, papel indicador y rojo de metilo ¿Cómo se puede averiguar el carácter ácido, neutro o básico de los productos de uso doméstico?

Con esta pregunta se pretende que los alumnos vean las limitaciones de los diferentes indicadores

(4) Con el extracto de col lombarda dada por el profesor y previa a su explicación de cómo se ha obtenido, se añadirán sobre cuatro tubos de ensayo, 5 mL de disolución de ácido clorhídrico, de ácido acético, de agua destilada, de bicarbonato de sodio y de

hidróxido de sodio, respectivamente. Se añaden unas gotas del extracto de col y se agita. Se anotan los colores observados.



Disoluciones de diferentes pH con extracto de col lombarda funcionando como indicador de pH

Con los resultados obtenidos y teniendo en cuenta los que obtuvieron en la sesión anterior construyen una tabla que relacione los colores obtenidos con el carácter ácido, neutro o básico de las disoluciones con la que elaborarán una escala de colores y pH similar a la encontrada en el papel indicador.

Esta parte finaliza con una breve explicación del profesor sobre las antocianinas que son las sustancias que están presentes en el extracto de la col lombarda y que la hacen cambiar de color en ácidos y bases. Este indicador está presente en la savia de muchas plantas, como las uvas, arándanos, remolacha, así como en hojas rojas y flores de pétalos coloridos siendo responsables del color rosado, naranja, rojo, violeta y azul de la mayoría de las flores. También comentará la existencia de otros indicadores naturales como la curcumina o la esculina.

---

#### Para investigar en casa:

¿Por qué el color de las flores, como las hortensias, depende del tipo de tierra en la que estén?

¿Por qué algunas flores, como las violetas, cuando se someten a vapores de amoníaco se vuelven verdes mientras que si se humedecen con vinagre adquieren una coloración rosácea-roja?

¿Por qué cambia el color del té cuando se añade limón?

---

### SESIÓN 3: ESCALA DE pH y SU RELACIÓN CON LA CONCENTRACIÓN: FORTALEZA DE ÁCIDOS Y BASES

---

Con esta actividad se pretende que los alumnos mejoren, profundicen y refuercen su comprensión con respecto a la fortaleza de los ácidos. Se tratarán conceptos como ácidos y bases fuertes, débiles, diluidos y concentrados con el fin de que distingan esta terminología y su relación con el pH. También se introducirá cualitativamente el concepto de disociación.

Para ello los alumnos visualizarán previamente a la experimentación unos diagramas que representan una disolución concentrada de un ácido fuerte, una disolución diluida de un ácido fuerte, una disolución concentrada de un ácido diluido y una disolución

diluida de un ácido débil y harán uso de una simulación interactiva donde podrán visualizar y comprobar lo anterior. A continuación prepararan a partir de un ácido y una base, por simple dilución, disoluciones que van desde pH =1 a pH = 13, lo que les permitirá comprobar experimentalmente lo que se ha trabajado mediante los diagramas y la simulación. En concreto, evidenciarán la relación que existe entre el pH y la concentración.

Esta actividad se desarrolla en el laboratorio, en grupos de cuatro. Duración: 50 min

PREGUNTAS PREVIAS al desarrollo que hace el profesor a los alumnos, para que las respondan al grupo siendo guiadas y apoyadas por el profesor:

¿Cuál es la diferencia entre un ácido fuerte y un ácido débil?

¿Cuál es la diferencia entre un ácido concentrado y uno diluido?

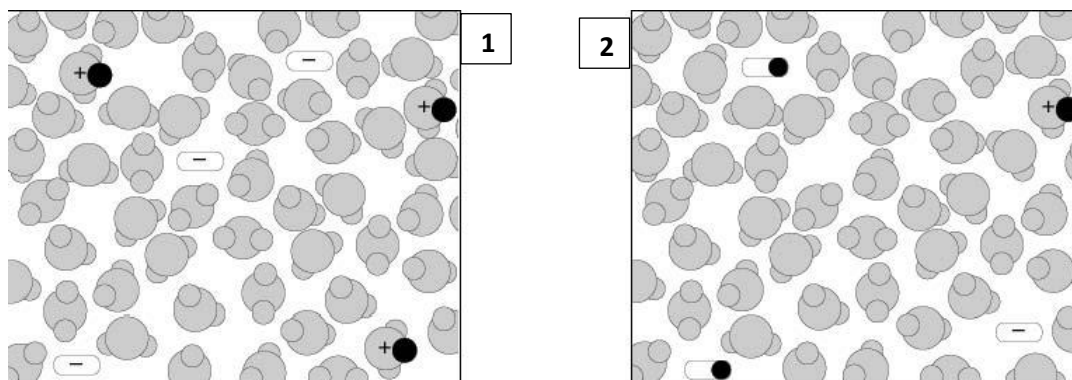
¿Qué relación tienen estos conceptos con el pH?

Si pudieras ver las partículas (moléculas, iones, etc) en una disolución ácida, como podrías decidir si es una disolución de un ácido fuerte o débil?

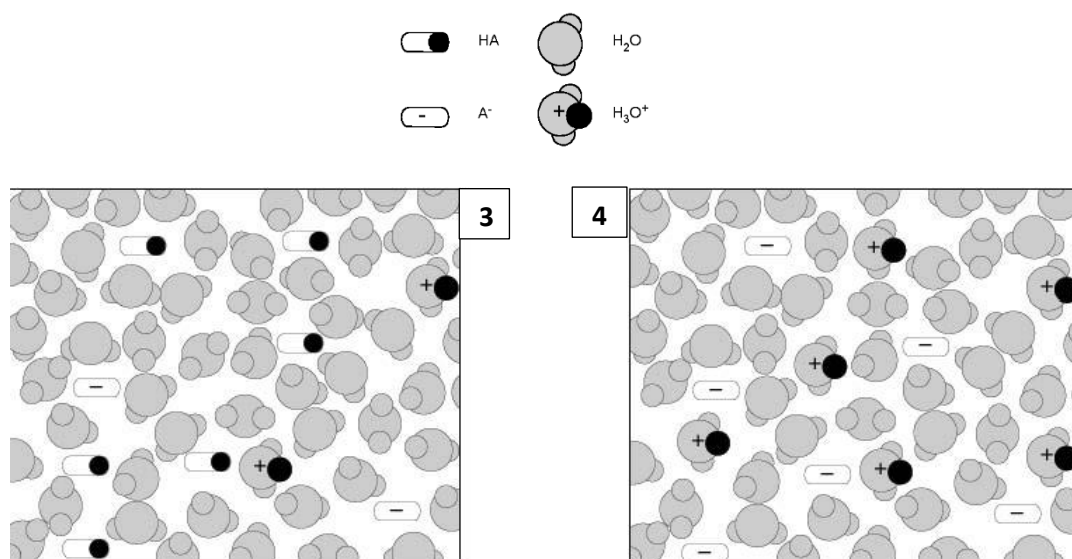
#### (1) DIAGRAMAS Y SIMULACIÓN

Nota: el profesor aclarará a los alumnos que tanto estos diagramas como la simulación son simplificaciones de la realidad que se diseñan con el fin de realzar algunos aspectos que el sistema representa.

Teniendo en cuenta que la disolución de un ácido en agua se representa como:







(3) Preparación de diferentes disoluciones de distinto pH a partir de un ácido y una base, por simple dilución.

Material y reactivos: Tubos de ensayo, gradilla, frasco lavador con agua destilada, rotulador permanente, indicador universal, ácido clorhídrico diluido y disolución de NaOH diluido.

Previamente se comentará con los alumnos las precauciones que hay que tener en la manipulación de estos dos reactivos.

El procedimiento abreviado es el siguientes: (Para preparar las disoluciones una pareja prepara las ácidas-tubos 1 a 7- y la otra las básicas-tubos 8 a 13-). Se enumeran los tubos de ensayo. El tubo 1 se llena a la mitad con HCl. De este tubo se toma 1 cm<sup>3</sup> y se adiciona al tubo 2 sobre el que se añaden 9 cm<sup>3</sup> de agua destilada. Se agita y de aquí se toma 1 cm<sup>3</sup> que se añade al tubo 3, sobre el que nuevamente se rellena con 9 cm<sup>3</sup> de agua destilada. Y así se continúa hasta el tubo 7. El mismo procedimiento se realiza con la disolución de NaOH. Se colocan todos los tubos en la gradilla y en orden de 1 al 13 y se añade 5 gotas de indicador universal en cada uno de los tubos. Se comparan los colores obtenidos con la tabla de valores de pH y se anota el valor de cada una de ellas.

Para reforzar el contenido trabajado, la sesión terminará a través de la puesta en común de las preguntas previas realizadas al comienzo de la sesión y de lo que a continuación se concreta:

- Describir las diferencias y similitudes entre una disolución concentrada y otra diluida para un ácido o base particular
- Describir las diferencias y similitudes entre un ácido o base fuerte y un ácido o base débil.
- Describir a través de un dibujo o de palabras que significa que tengamos una disolución concentrada de un ácido (o base) débil o una disolución concentrada de un ácido fuerte.
- Describir como el papel indicador ayuda a identificar si una disolución es un ácido o una base, si es fuerte o débil y si está concentrada o diluida.

El profesor concluirá con este breve resumen: La fortaleza de los ácidos viene dada por su pH. Es una medida de la concentración de los iones H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> en disolución. Si el pH aumenta quiere decir que la concentración de los iones H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> disminuye.

#### SESIÓN 4: INVESTIGANDO LAS REACCIONES DE NEUTRALIZACIÓN Y OTRAS REACCIONES

---

Esta sesión consta de tres partes.

Se llevará a cabo en el laboratorio en grupos de 4-5 personas. Duración total: 55 min.

##### (1) ARCOIRIS ESFERVESCENTE

Con esta actividad se pretende que los alumnos reconozcan e interpreten correctamente las reacciones de neutralización.

Duración: 10 minutos.

Para ello, los alumnos adicionarán carbonato de sodio una bureta que contiene una disolución de ácido clorhídrico diluido y unas gotas de indicador universal.

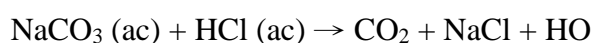
Material y reactivos:

Pie y pinza, bureta de 50 mL, indicador universal, dilución de ácido clorhídrico 2 M (irritante) y disolución 1 M de carbonato de sodio (irritante).

Nota: las disoluciones las preparará el profesor con anterioridad. Se comentará previamente la precaución en la manipulación de estos reactivos.

Procedimiento abreviado: Se añade lentamente una disolución de carbonato de sodio (20 mL) a una bureta que contiene una disolución de ácido clorhídrico diluido (10 mL) y de indicador universal (0.5 mL). La reacción entre ambos produce efervescencia y la disolución contenida en la bureta muestra un arcoíris de todos los colores del indicador universal.

Se produce la siguiente reacción de neutralización:



Preguntas posteriores a la experimentación realizadas por el profesor para ser respondidas por los alumnos en conjunto:

¿Dónde habéis visto una serie de colores similares a las mostradas por el indicador universal?

¿Cuál es la reacción química que está teniendo lugar?

¿Qué es la efervescencia que se observa?

¿Cómo explicas los diferentes colores que se observan en la bureta?

¿Qué podéis concluir a cerca del indicador universal? ¿Por qué crees que un científico puede preferir usar un indicador universal mas que un indicador como la fenoftaleína o el naranja de metilo?

(C) OBSERVACIÓN DE LA ACCIÓN DE LOS ÁCIDOS SOBRE LOS CARBONATOS Y LOS HIDROGENOCARBONATOS.

Tiempo: 10 minutos

Con esta experiencia se pretende que los alumnos visualicen otros tipos de reacciones de neutralización en las que se produce además el desprendimiento de un gas y que sean capaces de deducir la ecuación resultante a este proceso.

Material: tubos de ensayo, bicarbonato de sodio, un trozo de mármol (bicarbonato de calcio), fenoftaleína, ácido clorhídrico diluido, pipetas pasteur, matraz aforado y globo

PROCEDIMIENTO ABREVIADO: Se adicionan 6 mL de ácido clorhídrico sobre 2 tubos de ensayo a los que se añaden unas gotas de indicador y bicarbonato de sodio y calcio, respectivamente. Se observan y anotan los cambios.

A continuación, en un matraz Erlenmeyer se añaden 10 mL de ácido clorhídrico y se coloca un poco de bicarbonato de sodio sólido dentro del globo. Se coloca el globo sobre la boca del Erlenmeyer, con la precaución de que no se caiga el bicarbonato sobre el ácido. Por último se deja caer el bicarbonato sobre el ácido y se observa lo que ocurre. Observa y anota lo que veas.



Preguntas posteriores que hará el profesor:

¿Qué está pasando? ¿Qué reacción se está produciendo?

¿Por qué se infla el globo?

El precipitado que se forma, ¿Qué es?

La reacción química que tiene lugar es:



En esta reacción se genera dióxido de carbono. Al estar el sistema cerrado, el  $\text{CO}_2$  formado hace que el globo se infle. De este modo, los alumnos pueden visualizar este hecho, mientras que esto no hecho no se observa con el tubo de ensayo.

Nota: también es posible que en el fondo del matraz quede un sólido blanco correspondiente al bicarbonato de sodio sin reaccionar cuando el mismo está en exceso.

Para investigar en casa:

En la cocina se utiliza bicarbonato de sodio para hornear, con el fin de que masa de tortas y pasteles suba, ¿cómo explicas este hecho?

### (C) REACCION DE LOS ÁCIDOS CON METALES

Tiempo: 20 minutos

Con esta experiencia se pretende que los alumnos observen y posteriormente deduzcan las ecuaciones (con sus símbolos) resultantes de las reacciones que se producen entre los ácidos y los metales. También podrán visualizar y comprobar el hidrógeno gas que se produce en cada una de las reacciones.



Reacción del cinc con ácido clorhídrico

Materiales y reactivos: tubos de ensayo, gradilla, pipetas pasteur, rotulador permanente, ácido clorhídrico 1M, ácido nítrico 1M, ácido sulfúrico 1M, magnesio metálico, virutas de hierro, cobre y cinc.

Nota: las disoluciones las preparará el profesor con anterioridad. Se comentará a los alumnos las precauciones que se deben tener en cuenta en cuanto a la manipulación de estos ácidos. La reacción entre el ácido nítrico y el hierro producen un precipitado marrón que servirá para que el profesor introduzca el problema de la corrosión y la lluvia ácida (que también se tratará). Sólo en el caso de que existan campanas extractoras los alumnos realizarán la reacción del cobre con ácido nítrico puesto que en esta reacción se produce dióxido de nitrógeno que es muy tóxico

Procedimiento abreviado: Se añaden 6 mL de cada uno de los ácidos en tubos de ensayo a los que se incorpora un metal. Se observan y anotan los cambios que se producen. Se repite este procedimiento con el resto de metales.

---

#### Para investigar en casa:

Busca información sobre el jugo gástrico, diferentes antiácidos y describe su funcionamiento ¿Qué sustancias lo forman? Escribe las reacciones de neutralización que tienen lugar. ¿Por qué algunos antiácidos suelen provocar que la persona eructe tras su toma?

Explica los siguientes hechos:

Si se introduce un huevo en el interior de un vaso que contiene vinagre se produce gas

Si se derrama vinagre sobre mármol se produce una mancha

El ácido bórico es un sólido de color blanco soluble en agua. Su disolución no colorea apreciablemente el papel indicador (quedando amarillo), ni se observan burbujas al hacerlo reaccionar con cinc o carbonato de calcio. ¿Qué experimentos podríamos hacer para demostrar que el ácido bórico es realmente un ácido? Razona tu respuesta

---

### SESIÓN 5: CONTAMINACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

La última actividad se relaciona con dos problemas medio ambientales importantes relacionados con fenómenos ácido-base: la lluvia ácida y la acidificación de los océanos.

Con estos trabajos se pretende dar a conocer esta problemática, sensibilizar a los estudiantes sobre los problemas medioambientales y a la vez profundizar más en los conceptos de disociación, bases fuertes y bases débiles, ácidos fuertes, neutralización y en la relación entre pH bajo y alta acidez.

Se trabajará en el aula de la siguiente forma: La clase se divide en seis grupos heterogéneos organizados por el profesor. Dos grupos harán una presentación de quince minutos (la mitad cada uno) al resto de compañeros sobre la acidificación de los océanos a partir del documento dado por el profesor “*acidificación: ¿Cómo afecta el CO<sub>2</sub> a los océanos?*” (Anexo 7) que tendrá que contener, al menos, una introducción, en qué consiste, reacciones implicadas, los efectos que produce, las recomendaciones para evitar o minimizar este efecto, soluciones posibles y una visión personal a cerca de este problema y de lo que más les ha llamado la atención. Los otros dos grupos elaborarán una única presentación (la mitad del contenido cada uno) sobre la lluvia ácida (de quince minutos) a partir de los siguientes documentos que se encuentran en <https://www.investigacionyciencia.es/blogs/fisica-y-quimica/39/posts/la-lluvia-acida-hoy-13261> y <http://www.redalyc.org/pdf/695/69510211.pdf>. En esta presentación incluirán, al menos, qué es la lluvia ácida, causas de la lluvia ácida, su origen, principales fuentes que originan este fenómeno, principales efectos y consecuencias, las medidas que se pueden tomar, posibles soluciones, localización en España de las principales fuentes de emisión de SO<sub>2</sub> y también en Europa y una visión personal a cerca de este problema y de lo que más les ha llamado la atención.

Tras estas exposiciones se visualizarán dos breves videos: [https://www.youtube.com/watch?v=HOIB\\_Yda8Xo](https://www.youtube.com/watch?v=HOIB_Yda8Xo) (2.50 min, acidificación de los océanos) y <https://www.youtube.com/watch?v=D80Idnh811I> (5.50 min, lluvia ácida) y el profesor hará un turno de preguntas y creará un pequeño debate con toda la clase sobre estos problemas medioambientales relacionados con la industrialización y la contaminación, partiendo de las siguientes preguntas: ¿os ha sorprendido lo que hemos visto hoy en clase? ¿Cuáles son vuestras principales conclusiones a cerca de estos problemas medioambientales?

---

## SESIÓN 6: RECAPITULACIÓN DEL CONTENIDO TRABAJADO

---

En la última sesión, los dos grupos restantes elaborarán una presentación de 15-20 minutos sobre los contenidos tratados en la *flipped clasrroom* y la presentarán al resto de los compañeros. Por último se resolverían las dudas que puedan tener los alumnos y se realizaría la encuesta de evaluación.



## LOS INGREDIENTES EN COSMÉTICOS

NAME	CHEMICAL TYPE	OTHER INFORMATION
Acid		Compound which dissolves in water to make a solution with a pH less than 7
Alkali		Compound which dissolves in water to make a solution with a pH above 7.
Aloe barbadensis	Skin softener	Softens skin, soothes burns and injuries. Name not used in cosmetics.
Aloe vera (Latin)	Skin softener	See Aloe barbadensis.
Ammonium laureth sulfate	Surfactant	See Surfactants. Compound made from coconut oils. Good at breaking up oils and soil, so effective in shampoos. Good cleansing agent and foam maker.
Ammonium lauryl sulfate	Surfactant	See Surfactants. Compound made from coconut oils. Mild cleansing properties when used at pH 5-6. Non-toxic and not irritating when used in 'rinse off' products.
Ammonium xylenesulfonate	Solvent	Flammable liquid which does not mix with water. No known toxic or irritant effects.
Antiseptic		Compound which prevents infection of the skin by bacteria. Small cuts can be treated with an antiseptic.
Aqua	Neutral	This is the name used in European cosmetic products for water. Water is the main ingredient of many cosmetic products so is found first in the ingredients list. Sterile water must be used - this means the water must be boiled to ensure no bacteria or other microorganisms are present.
Arginine	Alkali	Alkaline amino acid. No value when used in cosmetics.
Behenyl alcohol	Emulsifier Thickener	Non-toxic.
Benzophenone	Preservative	These compounds help prevent the product from reacting with UV light. May cause skin irritation.
Benzyl alcohol	Solvent Preservative Antiseptic	Irritating and corrosive to skin when in concentrated solution.
Betaines		Compounds used in shampoos to lower the irritation potential of surfactants. No known toxicity.
NAME	CHEMICAL TYPE	OTHER INFORMATION

2-bromo-2-nitropane-1,3-diol	Preservative	Safe when used up to 0.1% concentration.
Binder		A substance which absorbs water, swells and helps to hold other ingredients together.
BHT - Butylated hydroxytoluene	Preservative Anti-oxidant	Can cause allergic reactions.
Butylparaben	Preservative	See Parabens.
Camellia sinesis	Oil Perfume	Oil from the camellia plant. The same plant produces greentea, which has lots of positive effects including reducing blood pressure.
Carbomer	Emulsifier Thickener	White powder. See Emulsifiers. No known toxicity or skin irritating properties.
Carboxylic acids	Acid	Molecules which are based on carbon atoms. The acidity is due to the -COOH (caboxylate) group. The substance dissolves in water making an acidic solution. Used to lower pH of cosmetics.
Castor oil	Oil	Oil from the seed of the castor oil plant. Soothing to skin.
Cellulose gums	Emulsifier Film former	See Emulsifiers and Film formers. Compounds from plant cell walls which are resistant to decomposition by bacteria. Non-toxic.
Cetearyl alcohol	Emulsifier	Very widely used in hair products. A waxy substance. Non- toxic and not irritating to the skin or scalp.
Cetyl alcohol	Emulsifier	Widely used ingredient extracted from the heads of sperm whales. Added as a solid, waxy substance.  Non-toxic and not irritating.
Chamomila recutita (Latin)	Oil	Oil from the camomile plant. Soothing to skin.
Chlorhexidine digluconate	Antiseptic Alkali	Cleans bacteria from skin. Can cause dermatitis, which is severe irritation of the skin, in concentrated solution. Safe up to 0.2% concentration.
Citric acid	Acid Sequestering agent Preservative	Compound obtained from citrus fruit; lemons, oranges, grapefruit. Non-toxic - can be drunk in solution of water to help provide vitamin C.
Citrus limonium (Latin)	Oil	Lemon oil obtained from the skin of lemons.
Citrus paradisi (Latin)	Oil	Grapefruit oil obtained from the skin of grapefruit.
<b>NAME</b>	<b>CHEMICAL TYPE</b>	<b>OTHER INFORMATION</b>

Citrus sinensis (Latin)	Oil	Sweet orange oil obtained from the skin of oranges.
Cocoglucoside		See Glucosides.
Cocoamide DEA /MEA	Solvent Emulsifier Surfactant Humectant	See DEA.
Cocoamidopropyl betaine	Emulsifier Surfactant Thickener	Compound based on coconut oil and beets, <i>eg</i> sugar beet. May cause skin irritation.
Coconut acid	Surfactant Skin cleanser	Compound found in coconut oil. Used widely in soaps and shampoos. Very good skin cleanser.  May cause skin irritation.
CI number	Colouring pigment	There are many colouring pigments which can be used. Each is registered and given a number
Colophonium		This is a resin obtained from pine trees. Used to give colour - usually yellow-orange.
Cucumis melo (Latin)		Melon extract - usually juice. Used in products for dry hair and to improve skin condition.
DEA - Diethanolamine	Emulsifier Humectant Surfactant Solvent	This compound is found in coconut and soybean oils and is used to make other substances. Has useful properties but may cause skin irritation. Can be contaminated with cancer-causing compounds called nitrosoamines during manufacture.
DMDM hydantoin	Preservative	'DMDM' stands for 'Dimethylol dimethyl'. Can irritate the skin. See Preservatives.
Dimethicone	Oil	Protects skin forming a barrier to other liquids.
Dipropylene glycol		See Glycols.
Disodium dityrylbiphenyl	Colouring agent	This gives colour to the product. Its use is banned in the USA.
Disodium EDTA	Preservative	'EDTA' stands for 'ethylenediaminetetraacetic acid'.
Disodium laureth sulfosuccinate	Surfactant	See Surfactants.
<b>NAME</b>	<b>CHEMICAL TYPE</b>	<b>OTHER INFORMATION</b>

Disodium PEG-4-Cocoamido MIPA sulfosuccinate	Surfactant	See Surfactants. 'PEG' stands for 'polyethylene glycol' and 'MIPA' stands for 'monoisopropanolamine'.
Disodium phosphate	Salt	See sodium phosphate.
Distearyl ether	Skin softener	This is made from stearic acid. See Stearic acid and Skin softeners.
Elaeis guineensis (Latin)	Oil	This is the Latin name for palm kernel oil, which is obtained from the African palm tree.
Emulsifier		Substance which is added to help make an emulsion. An emulsion is the mixture of two liquids which do not usually mix together, such as oil and water. The emulsifier helps to keep the two liquids mixed, stopping layers forming.
Ethyoxydiglycol	Solvent	Non-toxic and not irritating.
Film former		Compounds which give cosmetic products a filmlike appearance - shiny, glossy and with a silky feel.
Formaldehyde	Preservative Disinfectant	Highly toxic substance causing skin irritation. Use in cosmetics is banned in Japan and Sweden.  Concentration must be less than 0.2%. See Preservatives.
Glucosides	Thickening agent	Compounds made in reactions between sugars and alcohol.
Glycerin	Solvent Humectant Skin softener	Also called 'glycerol'. A compound made during soap manufacture. Very widely used. Non-toxic and not irritating to skin.
Glyceryl cocoate		See Coconut oil and Glycerin.
Glycols	Humectants	Name is from 'Glycerin' and 'Alcohol'. See Humectants. May cause skin irritation.
Glycol distearate/stearate		See Stearic acid.
Guar hydroxypropyltrimonium chloride	Preservative  Surfactant Antiseptic	Can be toxic. May irritate the skin when used in concentrated solutions. Concentrations as low as 0.1% can irritate the eye.
Hamamelis virginiana (Latin)	Skin anaesthetic Skin freshener	Common name is 'witch hazel'. Obtained from a plant. Makes the skin feel 'tight' and fresh as it dries up grease and moisture.

Hexylene glycol		See Glycols.
Helianthus annus (Latin)	Oil	Sunflower seed oil. Contains Vitamin E which is thought to help keep skin looking young. Used in anti-aging products. No known toxicity.
Humectant		A substance used to preserve moisture content.
Humulus lupulus (Latin)	Perfume	From the hops plant. Hops are also used in brewing beer. Can cause skin irritation.
Hydroxypropylmethylcellulose		See Cellulose gums.
Isopropyl myristate		A compound made in a reaction between an acid and an alcohol. Used to form lather. Causes blackheads and is being removed from cosmetics.
Lactic acid	Skin freshener	See Carboxylic acids. Corrosive in concentrated solutions. May sting sensitive skin.
Lanolin		Greasy substance from wool which absorbs water and holds it on to the skin. Can cause skin irritation.
Laureth number 1-23	Surfactant	See Surfactants.
Laureth 11 carboxylic acid	Acid	See Carboxylic acids.
Lauric acid	Foam maker Acid	Compound which reacts with water to make a foam. The molecules are made from 10 carbon atoms joined in a line, with hydrogen atoms and oxygen atoms. See also Carboxylic acids.
Lauryl glucoside	Surfactant	See Surfactants.
Magnesium nitrate	Salt	See Nitrates.
Magnolia biondii (Latin)	Perfume	Non-toxic perfume from the magnolia tree.
Maleated soybean oil	Preservative Oil	Soybean oil from the soya bean plant which has been partially changed to Maleic acid. Maleic acid is a carboxylic acid (see Carboxylic acids). The change is made to reduce the effects of soybean oil on the skin - these include skin irritation, hair damage and acne-like pimples.
<b>NAME</b>	<b>CHEMICAL TYPE</b>	<b>OTHER INFORMATION</b>
Menthol	Skin anaesthetic Skin freshener	Gives a 'cool' feeling to the skin. Acts as an anaesthetic when in 100% concentration. Non-toxic below 3%.

Methyl lactate	Skin freshener	See Menthol and Lactic acid. This is a compound made from these two substances.
Methylchloroisothiazolinone (MCT) and Methylisothiazolinone (MIT)	Preservative	Usually used with methylisothiazolinone. Both are toxic and can cause skin irritation. Safe in very low concentrations in products which rinse off the skin.
Methyldibromo glutaronitrile	Preservative	Toxic substance which is absorbed through the skin. Safe to use in rinse off products.
Methylparaben	Preservative	See Parabens.
Mica	Solid powder Lubricant	Used to give a glow or colour. Not irritating to skin.
Niacinamide	Vitamin B	Used to treat skin diseases. No known toxicity or irritating properties.
Nitrates	Salt	Used to help keep colour compounds (see CI number) the correct shade.
Olea europea (Latin)	Oil	This is the Latin name for olive oil, which is obtained from olives. The same oil can be used in cooking. May cause skin irritation.
Parfum		This is the general name given to 'fragrance'. This could mean one or more compounds added to give the product an attractive smell.
Palm kernel acid	Acid Oil Surfactant Emulsifier Opacifier	This is the oil from the palm nut produced by the palm tree. See Surfactants, Emulsifiers, Opacifiers.
Palmitic acid	Acid Oil	Compound which occurs naturally in many animal fats and plant oils including cow's milk, palm nuts and butter. Each molecule has 16 carbon atoms arranged in a long chain, with hydrogen and oxygen atoms. See Carboxylic acid.
Panthenol	Skin softener Vitamin B complex	Widely used in hair products. Also known as Vitamin B complex factor. Is good for the body so is non-toxic.
Panthenyl ethylether		This is made from panthenol (see above).



Parabens	Preservatives	Most commonly used ingredient other than water. Used in low concentrations so will be found at the ends of ingredients lists. These compounds stop bacteria growing in the product and are not irritating or toxic. Parabens may be cancer causing.
Paraffinium liquidium (Latin)	Skin softener	Liquid paraffin obtained from wood, coal and petroleum. Non-toxic and not irritating to skin.
PEG polyethyleneglycol	Binder Skin softener Solvent Humectant	See Binders, Surfactants, Skin softeners, Solvents, Humectants.
PEG 6 caprylic /capric glycerides	Skin softener	See Skin softeners.
PEG 7 glycerylcocoate	Skin cleanser	Non-toxic and not irritating to skin.
PEG 40 hydrogenated castor oil		See PEG and castor oil.
PEG 150 distearate	Skin cleanser	Compound made from stearic acid and PEG.
PEG 200 hydroxyglycerylpalmitate	Skin cleanser	Non-toxic and not irritating to skin.
Petrolatum	Skin softener	This is the main ingredient in Vaseline and other petroleum jelly products. Used as skin softener, and protects skin from irritation.
Phenoxyethanol	Antiseptic	Not irritating to skin, but can irritate eyes above 2.2% concentration.
Polyquaternium 1-14	Antiseptic Surfactant Preservative	This is a group of compounds which can be toxic and irritating to skin even at low concentrations.
Polysorbates 1-85	Emulsifier	See Emulsifiers. Non-toxic and not irritating to skin.
PPG 9 laurate		PPG stands for 'Polypropylglycol'. A compound made from a glycol and lauric acid.
Preservative		Compound used to stop bacteria and other microorganisms like yeasts growing in the product. This is essential to keep the product safe for use. Some preservatives are added to help keep the product colour, appearance and texture. All cosmetics include preservatives. Most used today are non-toxic.

Propylene glycol	Humectant Solvent Wetting agent	Also called 1,2-propanediol. This is a widely used cosmetic ingredient with similar properties to glycerin. It is toxic and its use is being phased out.
PVP/dimethylaminoethyl-methylacrylate copolymer	Film former Thickener	See Film former and Thickener.  A polymer is a compound made from many smaller molecules joined together. Many copies of small molecules called polyvinylpyrrolidone (PVP) and dimethylaminoethylmethacrylate are joined in an alternating line to make one long molecule.
Saccharum officinarum (Latin)		Sugar cane extract. Also called 'Black strap molasses'. No use in cosmetics identified.
Salt		The general name for a compound produced in a reaction between an acid and an alkali. The other product is water. We use 'salt' to mean 'sodium chloride', but this is not the chemical meaning.
Sequestering agent		Preservative preventing changes in colour, texture or appearance.
Skin anaesthetic		Compound which is absorbed into the skin and reduces the nervous system's ability to detect sensation. 'Local' anaesthetics are used to stop pain for dental operations, wart removal, stitching up cuts and other small skin-based problems.
Skin cleanser		Compound which removes grease from the skin.
Skin freshener		Compound which creates a 'tight' feeling to the skin. Usually evaporates quickly from the skin, giving a cooling effect.
Skin softener		Compound which is absorbed into the skin and replaces moisture. Helps to remove dry patches. Also called 'emollients'.
Sodium benzoate	Preservative	Non-toxic.
Sodium C12-13 pareth sulfate	Salt Skin softener Humectant	Compound based on PEG.
Sodium citrate	Sequestering agent	Non-toxic
Sodium chloride (Salt)	Salt Antiseptic	May cause drying of the skin. May cause skin irritation.

NAME	CHEMICAL TYPE	OTHER INFORMATION
------	---------------	-------------------

Sodium cocoyl isethionate	Skin cleanser	Safe in concentration up to 50% in rinse off products.
Sodium isethionate	Anti-static agent Detergent	Creates a dense lather in both hard and soft water.
Sodium lauroamphoacetate	Surfactant	See Surfactants.
Sodium laureth sulfate	Water softener  Surfactant  Skin cleanser	Can cause skin and eye irritation in high concentrations. See Surfactants, Water softeners, Skin cleansers.
Sodium lauryl sulfate	Emulsifier Surfactant	See Surfactants and Emulsifiers. May cause drying of skin by removing grease. May be irritating to skin.
Sodium methyl paraben	Preservative	See Parabens.
Sodium palm kernelate	Salt Soap	Compound produced by reacting palm kernel acid with sodium hydroxide. Acts as a soap
Sodium palmitate	Salt Soap	Compound produced by reacting sodium hydroxide with palmitic acid. Acts as a soap.
Sodium peanutate		Peanut oil.
Sodium phosphate	Salt	Compound used to keep pH constant. Non-toxic and not irritating.
Sodium stearate	Salt Soap	Compound produced by reacting sodium hydroxide with stearic acid. Acts as a soap.
Sodium styrene/ acrylates copolymer	Binder Film former	May cause skin irritation.
Sodium tallowate	Salt	Compound formed from tallow, a mixture of animal fats.
Solvent		Liquid used to make solutions. Solid substances are added to the solvent. These dissolve making the solution.
Sorbic acid	Preservative Humectant	Produces velvet-like feel on the skin. Non-toxic, but may cause irritation to sensitive skins.
Stearic acid	Acid	Naturally occurring compound found in butter, animal fats and oils. Molecules have 18 carbon atoms arranged in a long chain, bonded to hydrogen and oxygen atoms. Widely used cosmetic ingredient.
<b>NAME</b>	<b>CHEMICAL TYPE</b>	<b>OTHER INFORMATION</b>
Sulfonated oils	Emulsifier Wetting agent	Remove colour from natural and dyed hair. May cause drying of the skin.

Surfactants		Compounds which lower the surface tension of water. The name 'surfactant' comes from 'surface active'. There are four types called anionic, cationic, amphoteric and nonionic. The type depends on whether the surfactant molecule breaks up into charged particles called 'ions' in water. Found in all substances used for washing.
TEA dodecylbenzenesulfonate	Emulsifier	See Sulfonated oils.
Tetrasodium EDT	Preservative	Prevents colour, texture and appearance changes. See EDTA.
Tetrasodium etidronate	Thickener	Compound added to make the product less 'runny'. Has no other cosmetic purpose.
Titanium dioxide	Pigment	White compound used to make an opaque product. Not irritating to skin.
Tocophenylacetate	Antioxidant	Prevents oxygen from the air reacting with compounds in the product.
Trideceth - 7		See PEG and Glycols
Triclocarban	Antiseptic	Used to kill bacteria in 'medicated' products.
Triclosan	Antiseptic	Used to kill bacteria in 'medicated' products.

Trimethylopropane tricaprylate/tricaprate	Perfume	Used to help make product smell attractive. Occurs naturally in sweat, cow and goat milks, coconut oil and palm oil. Non-toxic.
Water softener		Compound added to remove calcium and magnesium ions which cause 'hard' water and prevent a lather forming with soap.
Wetting agent		A compound which dissolves in water and helps to make water spread across a surface by lowering surface tension. This means the same as surfactant, but in cosmetics seems to be used to describe different compounds.
Zinc pyrithione /pyridinethione	Antidandruff substance	Added to shampoos to treat dandruff. Some evidence this can damage nerves.
Zinc sulfate	Salt Skin freshener	Compound made in the reaction between sulfuric acid and zinc metal. May cause skin irritation.

## ANEXO 4. EVALUACIÓN para el trabajo 1

La evaluación se ha diseñado teniendo en cuenta los objetivos específicos planteados al comienzo de este proyecto que son: mejorar el nivel de comprensión de los conceptos y principios químicos relacionados con las características y propiedades de los ácidos y bases, facilitar el aprendizaje de estos conceptos y aumentar notablemente la motivación y el interés por aprender ciencias.

Los instrumentos de evaluación para este proyecto son los siguientes: a) la observación en el laboratorio (20%), utilizando los registros del profesor en los que se incluirían aspectos como el interés tanto individual como en grupo, la participación, la actitud, el esfuerzo, las habilidades y destrezas durante la experimentación, la limpieza, el cuidado del material, el rendimiento, etc..., b) el contenido y exposición de las presentaciones realizadas por los alumnos (20%), c) en la resolución y argumentación coherente de las actividades dadas en el apartado *para investigar en casa* (15%), d) en la elaboración de un cuaderno de laboratorio donde los alumnos tendrían que incluir brevemente el procedimiento experimental, detalladamente los resultados que han obtenido junto con la interpretación de aquellos argumentándolos de forma coherente, los conceptos científicos tratados y la resolución de las preguntas que se plantean a lo largo de la experimentación en cada una de las sesiones (25%) y finalmente e) en una prueba de contenido basada principalmente en preguntas de tipo test y algunas preguntas de respuesta abierta (15%). En el Anexo 5 se encuentran las rúbricas para evaluar los apartados a), b) y d).

## ANEXO 5. RÚBRICAS DE VALORACIÓN para el trabajo 1

### 1. Rúbricas de valoración de las presentaciones.

La competencia en comunicación lingüística, que será evaluada durante la presentación por todos los miembros del equipo, exige una valoración individual mientras que el resto de competencias se evaluarán en el conjunto del grupo, ya que esta actividad se desarrolla en equipo.

<b>EVALUACIÓN COMPETENCIAS CLAVE PARA CADA ALUMNO</b>	<b>1</b> Mejorable	<b>2</b> Aceptable	<b>3</b> Bien	<b>4</b> Muy bien
<b>1. Competencia en comunicación lingüística (CCL)</b>				
El alumno se expresa con dominio y eficacia de forma oral				
La exposición es clara y de fácil comprensión				
Uso de un lenguaje correcto y apropiado				
El alumno habla claramente y de forma amena				
La estructura de la presentación oral es coherente y progresiva con lo que aparece en cada diapositiva				
Razona y argumenta los resultados de forma consistente				
El alumno es capaz de captar la atención del público.				
Sabe comunicar resultados.				
<b>2. Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (CMCT)</b>				
El alumno usa el lenguaje científico y también el conocimiento científico adquirido en este bloque durante la presentación				

**Tabla 1:** Rúbrica de evaluación de competencias clave a nivel individual

<b>EVALUACIÓN COMPETENCIAS CLAVE EN EL CONJUNTO DEL GRUPO</b>	<b>1</b> Mejorable	<b>2</b> Aceptable	<b>3</b> Bien	<b>4</b> Muy bien
<b>1. Competencia en comunicación lingüística (CCL)</b>				
El grupo se expresa de forma escrita correctamente en la presentación				
<b>2. Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (CMCT)</b>				
El grupo presenta y demuestra un entendimiento de los conceptos científicos y del tema				
El grupo presenta los datos con rigor				
El grupo señala y describe adecuadamente medidas alternativas para disminuir la contaminación				
El grupo puede contestar con precisión casi todas las preguntas planteadas sobre el tema por sus compañeros de clase y/o el profesor.				
<b>3. Competencia digital (CD)</b>				
El grupo analiza y procesa la información dada para presentarla				
El grupo es capaz de discriminar unas fuentes de información de otras y seleccionar las mejores				

El grupo transforma el conocimiento dado para comunicarlo a los compañeros en diferentes soportes (presentación power point)				
<b>4. Competencia aprender a aprender (CPAA)</b>				
El grupo toma decisiones de forma coherente para realizar toda la actividad				
Aprende a buscar y discriminar información.				
El grupo muestra inquietud y curiosidad por la materia. Demuestra motivación e interés al realizar preguntas. Se le ve deseoso por saber más (evaluación EN CLASE)				
El grupo trabaja en equipo. Entre sus miembros hay cooperación y comunicación. Son capaces de aprender a escuchar a los demás, respetar sus opiniones y construir una respuesta común (evaluación EN CLASE).				
<b>5. Competencias sociales y cívicas (CSC)</b>				
El grupo observa, interpreta y toma decisiones sobre esta problemática				
El grupo propone medidas relacionadas con el respeto al medio ambiente				
El grupo se encuentra sensibilizado con esta problemática				
<b>6. Sentido de la iniciativa y espíritu emprendedor (SIE)</b>				
El grupo resuelve problemas de la vida diaria.				
Analiza, gestiona, evalúa y toma decisiones según los documentos.				
Sabe comunicar lo más importante				
<b>7. Conciencia y expresiones culturales (CEC)</b>				
El grupo desarrolla la imaginación y la creatividad en el diseño de la presentación				

**Tabla 2:** Rúbrica de evaluación de competencias clave a nivel grupal

La presentación se valorará con la siguiente rúbrica:

<b>EVALUACIÓN DE LA PRESENTACIÓN DE CADA GRUPO</b>	<b>1</b> Mejorable	<b>2</b> Aceptable	<b>3</b> Bien	<b>4</b> Muy bien
La presentación es clara y de fácil comprensión				
La información se presenta de forma ordenada, coherente, lógica y siguiendo las pautas dadas.				
Incluye todos los apartados que solicita el profesor				
La presentación es atractiva.				
Uso y distribución del tiempo a lo largo de la presentación				
Calidad del trabajo presentado				
Equilibrada participación de todos/as los miembros del grupo en la exposición				
Creatividad				

**Tabla 3:** Rúbrica de evaluación de la presentación de cada grupo

## 2. Rúbrica del trabajo en el laboratorio (observación-cuaderno profesor):



ASPECTOS A EVALUAR	EXCELENTE (4)	SATISFACTORIO (3)	PUEDE MEJORAR (2)	INSUFICIENTE (1)
Cuidado del material	Muestra cuidado en el uso de herramientas, utensilios y material de trabajo,	Se observa levemente descuido en el uso de herramienta utensilios y material de trabajo,	Muestra algo de descuido en el uso de herramienta, utensilios y material de trabajo	Se observa descuido en el uso de herramienta, utensilios y material de trabajo,
Orden	Llega con puntualidad y muestra perfecto orden durante el desarrollo de las prácticas.	Se presenta puntualmente a la práctica y muestra orden durante la práctica,	Se presenta puntualmente a la práctica pero muestra un poco de desorden durante la práctica	Se presenta puntualmente a la práctica, muestra bastante desorden durante la práctica
Comportamiento	Muestra respeto hacia el profesor y hacia sus compañeros, acata las instrucciones del profesor, y los reglamentos internos de uso del laboratorio	Muestra respeto hacia sus compañeros (menos con uno de ellos) y su profesor, acata las instrucciones del profesor y cumple los reglamentos internos de uso del laboratorio.	Se le hace una llamada de atención por el comportamiento hacia sus compañeros, pero acata las instrucciones del profesor, cumpliendo con los reglamentos internos.	Muestra faltas de respeto entre los compañeros, desacata algunas instrucciones del profesor, incumple algunos puntos del reglamento interno de uso del laboratorio.
Desempeño durante la practica	El equipo muestra mucha organización durante la práctica, mantiene su área de trabajo limpia, las responsabilidades están bien definidas, conocen las actividades a desarrollar. Llevan a cabo el 100% de las actividades propuestas	El equipo muestra bastante organización durante la práctica, mantiene su área de trabajo limpia, las responsabilidades están bien definidas, conocen las actividades a desarrollar. Llevan a cabo el 90% de las actividades propuestas	El equipo muestra bastante organización durante la práctica, mantiene su área de trabajo limpia, pero se nota confusión en la asignación de tareas. No conocen claramente las actividades a desarrollar. Llevan a cabo el 80% de las actividades propuestas	El equipo muestra desorganización durante la práctica, mantiene su área de trabajo limpia, pero se nota confusión en la asignación de tareas. No conocen claramente las actividades a desarrollar. Llevan a cabo el 60% de las actividades propuestas
Entrega de material	El equipo deja TODO el material limpio, encima de un papel absorbente listo para volver a ser utilizado.	El equipo deja TODO el material ordenado encima de la mesa de trabajo. No limpia algunos instrumentos.	El equipo no deja TODO el encima de la mesa de trabajo. No limpia algún instrumento.	El equipo no deja el material con orden. No limpia y no recoge.
Preparación de la practica	Trae al laboratorio la guía de la práctica y la información necesaria. Lleva el 100% del material solicitado para la práctica	Trae al laboratorio la guía de la práctica y/o casi toda la información necesaria. Lleva el 100% del material solicitado para la práctica	Trae el guía de la práctica y parte de la información necesaria. Lleva el 80% del material solicitado para la práctica	No trae la guía de la práctica y parte de la información necesaria. Lleva el 60% del material solicitado para la práctica
Participación	Participa en las preguntas expuestas por el profesor con toda la clase exponiendo sus hipótesis y argumentos	Participa casi siempre en las preguntas expuestas por el profesor con toda la clase exponiendo sus hipótesis y argumentos	Participa irregularmente en las preguntas expuestas por el profesor con toda la clase	Casi no participa en las preguntas expuestas por el profesor con toda la clase
Atención	Presta atención durante las explicaciones del	Presta atención durante casi todo el rato a las explicaciones del	Presta atención durante la mitad de la sesión a las	Casi no presta a atención a las explicaciones del

	profesor y de sus compañeros	profesor y de sus compañeros	explicaciones del profesor y de sus compañeros	profesor y de sus compañeros
Respeto	Respeto las opiniones y el trabajo del resto de sus compañeros	Casi siempre respeta las opiniones y el trabajo del resto de sus compañeros	A veces no respeta las opiniones y el trabajo del resto de sus compañeros	Casi nunca respeta las opiniones y el trabajo del resto de sus compañeros

**Tabla 4:** Rúbrica de evaluación de la observación del profesor en el laboratorio

### 3. Rúbrica del cuaderno de laboratorio de los alumnos:

ASPECTOS A EVALUAR	EXCELENTE (4)	SATISFACTORIO (3)	PUEDE MEJORAR (2)	INSUFICIENTE (1)
Apariencia y organización	Trabajo excepcionalmente limpio y ordenado, de acuerdo a las instrucciones dadas por el profesor.	Trabajo limpio y ordenado de acuerdo a las instrucciones dadas por el profesor.	Trabajo bastante limpio y algo desordenado, de acuerdo a las instrucciones dadas por el profesor.	Trabajo limpio, mas no ordenado, de acuerdo a las instrucciones dadas por el profesor.
Materiales y procedimiento	Todos los materiales y procedimientos usados en el experimento son descritos clara y precisamente, apoyado por evidencias fotográficas pertinentes tomadas en la práctica.	El 80% de los materiales y procedimientos usados en el experimento son descritos clara y precisamente, apoyado por evidencias fotográficas pertinentes tomadas en la práctica.	El 60% de los materiales y procedimientos usados en el experimento son descritos con precisión, apoyado por evidencias fotográficas tomadas en la práctica.	El 40% de los materiales y procedimientos usados en el experimento son descritos sin precisión o no están descritos.
Marco teórico	Presenta un preciso y minucioso resumen de los conceptos científicos esenciales en el laboratorio, además de profundizar en aspectos relacionados con el tema de la práctica.	Presenta un preciso y minucioso resumen de los conceptos científicos esenciales trabajados en el laboratorio.	Presenta un resumen de la mayoría de los conceptos científicos esenciales trabajados en el laboratorio.	El reporte presenta un limitado resumen de los conceptos científicos esenciales tratados en el laboratorio.
Tareas y actividades	Realiza todas las tareas y/o actividades, analizando los resultados obtenidos y argumentando detalla y totalmente las preguntas propuestas	Realiza el más del 85 % de las tareas y/o actividades Se analizan los resultados obtenidos y se resuelve argumentando detalladamente el las preguntas propuestas	Realiza más del 60% de las tareas y/o actividades, analizando brevemente los resultados y argumentando con alguna dificultad las preguntas propuestas	Realiza más del 40% de las tareas y/o actividades. Los resultados obtenidos se presentan con muy poco análisis y argumentando con bastante dificultad las preguntas propuestas
Ortografía, puntuación y gramática	No presenta errores de ortografía, puntuación y gramática en el cuaderno	Presenta uno o dos errores de ortografía, puntuación y gramática en el en el cuaderno.	Presenta algunos (tres o cuatro errores) de ortografía, puntuación y gramática en el cuaderno.	Presenta bastantes errores (entre cuatro y seis) de ortografía, puntuación y gramática en el cuaderno.

Entrega	Presenta el cuaderno previo a la fecha estipulada. Además posee identificación completa del alumno, asignatura y grupo.	Presenta el cuaderno en la fecha estipulada. Además posee identificación completa del alumno, asignatura y grupo.	No presenta el cuaderno en la fecha estipulada. Posee identificación completa del alumno, asignatura y el grupo.	No presenta el cuaderno en la fecha correspondiente. No posee el nombre correctamente señalado.
Orden	Respeto la estructura y el orden de los contenidos vistos en clase. No presenta tachones, enmendaduras ni espacios en blanco.	Respeto casi siempre la estructura y el orden de los contenidos vistos en clase. No presenta tachones, enmendaduras ni espacios en blanco.	Presenta un orden diferente al de los contenidos vistos en clase. Presenta algunos tachones, enmendaduras ni espacios en blanco	No respeta el orden de los contenidos vistos en clase. Presenta tachones, enmendaduras, hojas en blanco o con otros contenidos
Contenido	Contiene cronológicamente todas las sesiones y todos los contenidos trabajados en el laboratorio	Contiene cronológicamente todas las sesiones y la mayoría de los contenidos trabajados en el laboratorio	Contiene, en otro orden, todas las sesiones y presenta bastantes de los contenidos trabajados en el laboratorio	No contiene todas las sesiones y están desordenadas cronológicamente, presenta sólo alguno de los contenidos trabajados en el laboratorio

Tabla 5. Rúbrica del cuaderno de laboratorio de los alumnos

La evaluación del trabajo en equipo se realizará mediante la autoevaluación por parte de cada uno de los miembros de cada equipo de la siguiente rúbrica, con el fin de disponer de información para poder calificar a cada uno de ellos individualmente, además de mi propia valoración obtenida durante la observación del trabajo de la actividad desarrollado en las dos horas de clase.

<b>EVALUACIÓN Y VALORACIÓN DE OTROS MIEMBROS DENTRO DEL EQUIPO</b>	<b>1</b> Mejorable	<b>2</b> Aceptable	<b>3</b> Bien	<b>4</b> Muy bien
<b>Valora (del 1 al 4) la participación en el equipo de trabajo de tus compañeros y la tuya propia según los siguientes indicadores</b>				
<b>Grado de implicación en la actividad</b>				
Miembro 1 (Tú)				
Miembro 2				
Miembro 3				
Miembro 4				
<b>Contribución/aportación de cada uno de los miembros a la actividad global</b>				
Miembro 1 (Tú)				
Miembro 2				
Miembro 3				
Miembro 4				
<b>Reparto de tareas</b>				
Miembro 1 (Tú)				
Miembro 2				
Miembro 3				
Miembro 4				
<b>Construcción de una respuesta común</b>				
Miembro 1 (Tú)				

Miembro 2				
Miembro 3				
Miembro 4				
<b>Resolución de problemas</b>				
Miembro 1 (Tú)				
Miembro 2				
Miembro 3				
Miembro 4				
<b>Cuidado del clima de trabajo en equipo</b>				
Miembro 1 (Tú)				
Miembro 2				
Miembro 3				
Miembro 4				
<b>Trabajo desde una actitud de respecto, de escucha y de cooperación activa</b>				
Miembro 1 (Tú)				
Miembro 2				
Miembro 3				
Miembro 4				
<b>Elaboración de la presentación power point</b>				
Miembro 1 (Tú)				
Miembro 2				
Miembro 3				
Miembro 4				

Tabla 6: Rúbrica de autoevaluación

## ANEXO 6. ENCUESTA DE EVALUACIÓN ALUMNNOS para el trabajo 1

ENCUESTA PARA LOS ALUMNOS				
PUNTOS A VALORAR	PUNTUACIÓN			
	1: Nada; 2: Poco; 3: Bastante; 4: Mucho			
	1	2	3	4
La nueva metodología ha aumentado mi motivación por la materia				
La nueva propuesta me ha parecido interesante				
La nueva metodología ha despertado mi curiosidad y mi interés por aprender más ciencia o/y química en particular				
Las sesiones en el laboratorio han sido más amenas y divertidas que las que realizas en clase normalmente				
El aprendizaje de conceptos se realiza más fácilmente con esta metodología				
Ha mejorado el nivel de comprensión de conceptos y habilidades				
He aprendido a generar conocimientos a partir de experiencias sencillas				
Me ha servido para reconocer y transferir los conceptos a otros contextos				
Me ha sorprendido todo lo que puedo aprender usando esta propuesta				
Me ha servido para reconocer los conceptos curriculares con fenómenos de la vida cotidiana				
Pienso que esta metodología es útil para prepararnos para los estudios superiores				
Con esta metodología he aprendido a establecer hipótesis coherentes.				
Con esta metodología he aprendido a argumentar basándome en pruebas experimentales				
He reconocido el potencial de trabajar en equipo				
Me ha servido para desarrollar y mejorar mis habilidades sociales y de trabajo en equipo				

Me gustaría realizar más actividades con esta metodología				
Me gustaría que se aplicara a estas metodologías en otras asignaturas. ¿Cuál/es?				
Con esta metodología el profesor consigue aumentar la participación de los estudiantes.				
Puntuación total que le das a la propuesta (sobre 10 puntos)				
Cosas que te han gustado				
¿Qué aspectos mejorarías?				
¿Qué ventajas y desventajas tiene para ti trabajar con la metodología usada en este proyecto?				
¿Cómo consideras que ha sido tu aprendizaje después de realizar todas las actividades, comparado con la metodología tradicional?				

## ANEXO 7. DOCUMENTO PARA LOS ALUMNOS SOBRE LA ACIDIFICACIÓN DE LOS OCÉANOS para el trabajo 1





Foto: Dave Burdick

# ACIDIFICACIÓN:

## ¿CÓMO AFECTA EL CO<sub>2</sub> A LOS OCÉANOS?

Ellycia Harrould-Kolieb  
Jacqueline Savitz  
Segunda edición Junio 2009



# RESUMEN



## Introducción

Combatir el cambio climático es el desafío medioambiental más importante de nuestra época. El medio ambiente no es el único que está en peligro. También nosotros sufriremos sus consecuencias. Pertenecemos al entorno que nos rodea y dependemos de él, desde el aire que respiramos y las condiciones climáticas en las que vivimos, hasta los alimentos que consumimos. Estamos perfectamente adaptados a la vida en este planeta. Sin embargo, nuestras actividades alteran el equilibrio de los gases en la atmósfera, los cuales ayudan a regular la temperatura y el clima. Las emisiones de gases de efecto invernadero, especialmente el dióxido de carbono, están en continuo aumento, atrapando más calor en la atmósfera y provocando por tanto, un aumento de la temperatura de la superficie de la Tierra. ¿Resultado? Capas de hielo que se funden, nivel de mar en aumento, temperaturas medias más altas, migraciones de animales, aparición de nuevas enfermedades y sequías y tormentas más devastadoras. Estos cambios en el clima producirán a su vez cambios drásticos en el modo de vida de los humanos. Se espera que aparezcan más enfermedades y muertes relacionadas con el calor, y fuertes sequías que influirán tanto en la cantidad de alimentos como en su coste final. Es muy probable que el hambre se extienda en muchos países. La subida del nivel del mar inundará grandes zonas costeras. En los próximos siglos, algunas de las ciudades más grandes e importantes del mundo, como Nueva York, Bangkok y Londres, podrían inundarse e incluso quedar totalmente sumergidas. Países enteros, como Bangladesh, y la mayoría de las pequeñas islas, perderán gran parte de su territorio, provocando millones de desplazados.

*“Los océanos no sólo están aumentando de nivel y de temperatura, sino que también se vuelven más ácidos”*

Además de desestabilizar el clima, las emisiones de dióxido de carbono tienen un grave y fuerte impacto en los océanos. Los océanos absorben aproximadamente el 30% de las emisiones globales de dióxido de carbono y el 80% del calor generado por el creciente aumento de los gases efecto invernadero, atenuando de esta forma muchos de los impactos nocivos de la contaminación atmosférica<sup>1,2</sup>. Sin embargo, este proceso nos sale caro. Los océanos no sólo están aumentando de nivel y de temperatura, sino que también se vuelven más ácidos.

El aumento de la cantidad de dióxido de carbono en los océanos provoca reacciones que cambian la composición química de éstos, a través de un proceso conocido como acidificación. Esto pone en peligro a organismos marinos capaces de crear caparazones y esqueletos de carbonato cálcico como los corales, las almejas y los cangrejos. El exceso de dióxido de carbono en los océanos absorbe los elementos necesarios para que estos organismos puedan crear sus conchas y esqueletos. Por eso, les resulta cada vez más difícil fortalecer su estructura y construir una nueva. Si el proceso de acidificación del océano continúa, el propio medio donde viven se volverá tan corrosivo que, directamente, podría disolver sus conchas y esqueletos.

Aunque conocemos y entendemos los procesos químicos que hacen que los océanos sean cada vez más ácidos, nos queda mucho por conocer acerca de los numerosos efectos de la acidificación en la vida marina. Puede que un aumento de la acidez no elimine aquellos organismos que no sean capaces de crear estructuras calcáreas, pero su adaptabilidad y capacidad de supervivencia podría verse afectada. Su tasa de crecimiento podría disminuir, así como su capacidad reproductiva, las funciones de su sistema respiratorio y nervioso podrían alterarse y finalmente ser más susceptibles a los depredadores y las enfermedades, lo cual podría tener un efecto dominó en las cadenas alimenticias y en los propios ecosistemas. Por tanto, los procesos de acidificación podrían transformar de forma definitiva los océanos, mermando su diversidad y su productividad, por lo que la vida y el sustento de aquellos que dependen del mar podrían ser más inciertos.

Según el oceanógrafo de la Universidad de Stanford, Ken Caldeira, y sus compañeros:

*“Los efectos químicos del CO<sub>2</sub> en el medio ambiente marino podrían ser tan preocupantes como los efectos del CO<sub>2</sub> en la atmósfera terrestre”<sup>3</sup>*

*“Cuanto más tardemos en actuar,  
más difícil será evitar la catástrofe”*

## Llegando al límite

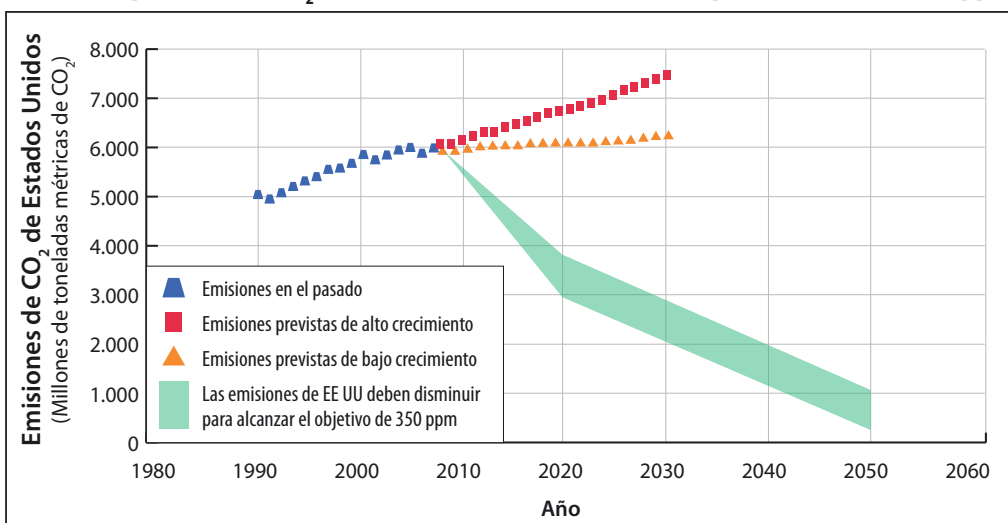
La actual concentración de dióxido de carbono en la atmósfera supera ya los límites de riesgo. Como resultado, se están produciendo importantes cambios en los océanos, desde una disminución en la tasa de crecimiento de la Gran Barrera de Coral hasta el blanqueamiento masivo de corales en los trópicos. Los arrecifes de coral son un importante hábitat para una cuarta parte de las especies marinas, y son vitales para la vida y el sustento de muchas personas. Si permitimos que los arrecifes de coral desaparezcan, se producirán importantes cambios en los océanos y en las vidas de cientos de millones de personas. Lo que les sucede a los arrecifes de coral es un anuncio de otros cambios catastróficos que se pueden producir en todo el mundo debido a la acidificación de los océanos y al cambio climático.

Para evitar la pérdida de los arrecifes de coral, y en última instancia, impedir importantes cambios en el clima, debemos reducir los niveles atmosféricos de dióxido de carbono por debajo de los 350 ppm (partes por millón)<sup>4</sup>. Por desgracia, el nivel de dióxido de carbono en la atmósfera ya ha superado los 385 ppm y sigue en aumento<sup>5</sup>. Hay que resaltar que los niveles actuales de CO<sub>2</sub> están muy por encima de lo que nunca han estado a lo largo de la historia de la humanidad<sup>6</sup>.

En nuestra sociedad actual, las emisiones de dióxido de carbono están directamente vinculadas a nuestra creciente necesidad de energía. Las cifras publicadas hace poco por la EIA (*Energy and Information Administration*) de EE UU sugieren que, de seguir por este camino, sin una modificación de las leyes y políticas actuales, el consumo energético en 2030 será un 50% superior al de 2005<sup>7</sup>. Esto significaría concentraciones de dióxido de carbono en la atmósfera superiores a 570 ppm<sup>8</sup>.

Si seguimos con el mismo ritmo de emisiones, los arrecifes seguirán degradándose, llegando a sobrepasar el punto crítico, lo que es probable que se produzca si se llega a una concentración de 450 ppm de dióxido de carbono. En este caso, los arrecifes estarían gravemente amenazados. Una vez superado este punto crítico, los arrecifes disminuirán rápidamente<sup>9</sup> y al menos la mitad de los organismos que dependen de una u otra forma de ellos también disminuirán o desaparecerán. A partir de aquí, los arrecifes posiblemente se desmoronarían, quedando tan sólo

## Emisiones previstas de CO<sub>2</sub> de EE UU vs. emisiones necesarias para alcanzar los 350 ppm



Fuente: Oceana, basado en datos de la EIA (2008) y del IPCC (2007)

unos pocos corales calcáreos<sup>10</sup>. Debido a que tardan décadas o incluso siglos en formarse, una vez producido el daño, el impacto será irreversible durante generaciones.

Para salvar a los arrecifes de la acidificación de los océanos debemos estabilizar la cantidad de dióxido de carbono en la atmósfera por debajo de los 350 ppm. De esta forma, también evitaremos otros tipos de catástrofes climáticas. Los niveles actuales de dióxido de carbono ya superan ese nivel de referencia, y se prevé que aumenten durante las próximas décadas. Es crucial que demos los pasos adecuados para que las emisiones de CO<sub>2</sub> descendan en los próximos 10 años.

El IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) decretó que para estabilizar el nivel de dióxido de carbono en la atmósfera en 350 ppm, las emisiones mundiales deberían reducirse en un 85% por debajo de los niveles de 2000 antes de 2050<sup>11</sup>. Para conseguir esto los países del Anexo I (países industrializados y aquellos con economías en transición, como la Federación Rusa) deberían reducir sus emisiones de dióxido de carbono entre un 25% y un 40% por debajo de los niveles de 1990 antes de 2020, y entre un 80% y un 95% antes de 2050. Debido al poco tiempo y a la dificultad existente en el logro de dichos objetivos, todos los países han de ponerse en acción de forma inminente. Nuestra capacidad para establecer y alcanzar metas a corto plazo en los próximos años determinará nuestro éxito a la hora de estabilizar el clima. Cuanto más tardemos en actuar, más difícil será evitar la catástrofe.





© OCEANA / Juan Carlos Calvin

## Resultados

Este informe pone de relieve recientes resultados que demuestran que la acidificación de los océanos es un hecho real, y que por tanto supone una amenaza. También se señalan las posibles consecuencias en los océanos y ecosistemas marinos si se siguen incrementando las emisiones de dióxido de carbono.

- Los niveles de dióxido de carbono en la atmósfera son los más altos de los últimos 800.000 años, y probablemente de épocas más lejanas<sup>12</sup>.
- La acidez en la superficie del océano ha aumentado un 30% desde la Revolución Industrial<sup>13</sup>. Si la tendencia actual persiste, podría aumentar un 100% a finales de este siglo<sup>14</sup>, superando los niveles de los últimos 20 millones de años<sup>15</sup>.
- El incremento de la cantidad de dióxido de carbono que absorben los océanos altera el movimiento de nutrientes y los compuestos químicos de los mismos, afectando a los ecosistemas y la vida marina<sup>16</sup>.
- El aumento en la acidez oceánica también afectará a tasas de crecimiento, reproducción, resistencia a la enfermedad y otros procesos biológicos y fisiológicos de muchas especies<sup>21</sup>.
- Muchas especies serán incapaces de adaptarse a los rápidos cambios en las concentraciones de carbonato y a los procesos de acidificación en los océanos, especialmente aquellas que construyen conchas y esqueletos de carbonato cálcico. Esto podría llevar al colapso de muchas especies, como ostras, mejillones, cangrejos y langostas<sup>17,18,19,20</sup>.
- El impacto en especies dependientes del carbonato, como corales y pterópodos, podría tener grandes consecuencias sobre los ecosistemas y las cadenas alimenticias, llegando a afectar incluso a los animales de mayor tamaño de los océanos, así como a muchas pesquerías comerciales<sup>22</sup>.
- Casi un 30% de los corales tropicales del mundo han desaparecido desde 1980, principalmente por el calentamiento global. Siguiendo el ritmo actual de aumento de emisiones, los corales tropicales podrían extinguirse en la segunda mitad de este siglo<sup>23,24</sup>.
- Si la tendencia actual continúa, los corales de aguas profundas se verán gravemente afectados antes del 2040. Dos terceras partes de éstos podrían estar en un medio corrosivo a finales de siglo<sup>25</sup>.
- La desaparición de los arrecifes de coral supondría un coste de miles de millones de dólares anuales, debido a las pérdidas en la pesca, el turismo y los servicios de protección costera<sup>26</sup>.
- Más de 100 millones de personas dependen económicamente de los arrecifes de coral<sup>27</sup> y estas comunidades podrían sufrir consecuencias en la salud y en la alimentación<sup>28</sup>.
- Muchas pesquerías comerciales dependen de los arrecifes, que son lugar de alimentación y refugio para los peces<sup>29,30</sup>. La pérdida de los arrecifes podría desestabilizar aun más a aquellas poblaciones de peces ya de por sí reducidas.
- Para proteger a los arrecifes de coral y los ecosistemas que dependen de ellos, debemos estabilizar el nivel de dióxido de carbono en la atmósfera en los 350 ppm o incluso por debajo de este punto. Para alcanzar este objetivo, las emisiones globales deberán reducirse en un 85% respecto a los niveles del 2000 antes del 2050. Esto supone que los países industrializados deberán reducir sus emisiones entre un 25% y un 40% por debajo de los niveles de 1990 antes del 2020 y entre un 80% y un 95% antes del 2050<sup>31,32,33</sup>.

## Soluciones

Es necesario tomar una serie de medidas para reducir los niveles de CO<sub>2</sub> en la atmósfera hasta los 350 ppm. Éstas incluyen: (1) la sustitución de nuestra política energética basada en el carbón por otra basada en energías alternativas como la solar, la eólica y el hidrógeno, reduciendo de forma progresiva el uso de carbón al menos hasta que los procesos de captura del dióxido de carbono no estén plenamente desarrollados y sean más eficientes; (2) aumento de la eficiencia energética en coches, camiones, trenes, aviones y barcos, así como en el hogar, oficinas, en las centrales eléctricas y en el sector industrial; y (3) reducción de la deforestación impulsando la plantación de más árboles para ayudar a reducir los niveles de dióxido de carbono. Si queremos salvar nuestros arrecifes de coral y pesquerías, así como los ecosistemas que dependen de ellos y todos los procesos asociados a los mismos, debemos reducir nuestras emisiones entre un 25 y 40% antes del 2020.

## Recomendaciones

### ***Adoptar una política para estabilizar los niveles de dióxido de carbono en la atmósfera en 350 ppm***

Los gobiernos se han de comprometer a estabilizar los niveles de dióxido de carbono en la atmósfera en 350 ppm o incluso menos. Para ello, se han de dar importantes pasos en los próximos cinco años que lleven a la sociedad a eliminar por completo las emisiones de CO<sub>2</sub> en las próximas décadas.

### ***Promover la eficiencia energética y reducir el uso de combustibles fósiles***

Es necesario ahorrar energía con un uso eficiente de combustibles en coches, camiones, aviones y barcos, utilizar combustibles más limpios, invertir en un transporte público eficiente y tomar acciones a nivel individual, institucional y empresarial para reducir el uso energético.

### ***Utilizar fuentes de energías alternativas***

Se debería prohibir la creación o ampliación de centrales térmicas de carbón, al menos hasta que se desarrollen tecnologías capaces de atrapar y almacenar de forma segura las partículas contaminantes. En su lugar, tanto gobiernos como el sector privado deberían implementar programas para estimular el desarrollo y el uso de energías renovables, como la solar y la eólica, e invertir en mejorar la red eléctrica para que la energía producida a partir de fuentes renovables pueda pasar al mercado de manera rentable. Los gobiernos deberían retirar inmediatamente cualquier subvención que fomente el uso de combustibles fósiles. No deberían extraerse combustibles fósiles que se encuentren en ecosistemas sensibles como el Ártico.

### ***Regular las emisiones de carbono***

Los gobiernos deberían regular de inmediato las emisiones de dióxido de carbono, a través de un sistema que integre los costes de emisiones y que proteja a los océanos. Además las fuentes de emisiones de dióxido de carbono no reguladas, como los barcos y aviones, deberían incluirse en un acuerdo post-Kioto y ser reguladas por los correspondientes organismos internacionales, tales como la *International Maritime Organization* y la *International Civil Aviation Organization*.

### ***Reducción de otros impactos***

De la misma forma, los ecosistemas marinos deberían protegerse reduciendo otras amenazas de origen humano, como la sobrepesca y la contaminación. La acidificación de los océanos y el cambio climático no son amenazas aisladas, sino que actúan de forma conjunta con otros tipos de impactos en ecosistemas y especies. Los ecosistemas marinos tendrán más posibilidades de sobrevivir a la acidificación del océano si al mismo tiempo no tienen que superar otras amenazas.



U.S. Air Force



(800.000 años), el nivel no había superado los 300 ppm<sup>51</sup>. Si continuamos con la tendencia actual de emisiones, en el año 2050 el pH del océano será el más bajo de los últimos 20 millones de años<sup>52</sup>.

Pero todavía más significativa es la velocidad a la que está cambiando la composición química de los océanos. La velocidad actual de acidificación es al menos 100 veces superior a la velocidad máxima de los últimos cientos de miles de años<sup>53,54</sup>. El dióxido de carbono se absorbe tan rápido que las aguas superficiales no serán capaces de prevenir y contrarrestar el importante descenso en el pH del océano<sup>55</sup>.

Tabla 1: pH actual del océano y cambios previstos<sup>45</sup>

	CAMBIOS EN EL pH DESDE LA ÉPOCA INDUSTRIAL PRE-INDUSTRIAL		NIVELES DE pH NO ALCANZADOS EN LOS ÚLTIMOS AÑOS
	UNIDADES pH	PORCENTAJES	
Actualmente	-0,1	30	800.000 años
En 2050 siguiendo al ritmo actual	-0,2	60	20 millones de años
En 2250 siguiendo al ritmo actual	-0,7	210	300 millones de años

Tabla 2: Composición química del agua superficial del mar en el pasado y el futuro si se sigue al ritmo actual de emisiones<sup>56</sup>

AÑO	CONCENTRACIÓN DE CO <sub>2</sub> EN LA ATMÓSFERA (ppm)	pH DE LA SUPERFICIE DEL OCEANO
1750	280	8,19
2008	385	8,09
2020	440	8,03
2040	510	7,97
2060	600	7,91
2080	700	7,85
2100	850	7,78

Basándonos en la historia geológica, los “calcificadores” marinos (organismos capaces de producir caparazones y esqueletos de carbonato cálcico) y los ciclos biogeoquímicos naturales del océano podrían verse negativamente afectados por pequeños cambios en la concentración del dióxido de carbono en las aguas superficiales<sup>57,58</sup>. Es posible que la acidificación de los océanos sea la culpable de anteriores extinciones masivas de arrecifes de coral y de los periodos tan largos de tiempo (del orden de millones de años) que dichos arrecifes tardan en recuperarse<sup>59</sup>. Un proceso de acidificación ocurrido hace cincuenta y cinco millones de años en el Máximo térmico del Paleoceno-Eoceno (MTPE, PETM en inglés) provocó la extinción de una importante parte de los calcificadores bénticos<sup>60</sup>. Estamos en camino de igualar o superar el MTPE. Si explotamos completamente las reservas de combustibles fósiles, los océanos absorberán una cantidad de dióxido de carbono similar a la del MTPE; sin embargo, en la actualidad las emisiones se producen a una velocidad mayor, en un espacio de tiempo de entre decenas y cientos de años, en lugar de miles de años. Por ello, es posible que las consecuencias de la actual acidificación del océano sean más catastróficas que las ocurridas en el MTPE. Esto significa que podemos estar a las puertas de otra extinción en masa<sup>61,62</sup>.

*“Es posible que si se continúa con la actual tendencia de emisiones de dióxido de carbono, los corales se extingan y esto conlleve a la extinción de otras especies marinas”<sup>34</sup>*  
— Dr. Ken Caldeira

¿En qué consiste la escala de pH?

El pH es una medida de la acidez o basicidad de una solución, basándose en la concentración de iones hidrógeno (H<sup>+</sup>). La escala va desde 0 (solución ácida, con una alta concentración de H<sup>+</sup>) hasta 14 (solución muy básica, con una baja concentración de H<sup>+</sup>). El pH del ácido sulfúrico, usado en baterías, por ejemplo, es cercano al 0, mientras que el del hidróxido de sodio (o sosa cáustica) es de casi 14. Una solución neutra tiene un pH de 7, y el agua de mar pura tiene un pH de entre 8 y 8.3. Un cambio de 1 unidad representa que la concentración de iones hidrógeno aumenta diez veces, y por tanto también la acidez. Por ejemplo, un pH 5 es diez veces más ácido que un pH 6 y 100 veces más ácido que un pH 7.

Concentraciones de iones hidrógeno en comparación con agua destilada (pH)		Ejemplos de soluciones y su pH correspondiente
10.000.000	0	Ácido sulfúrico
1.000.000	1	Ácido clorhídrico
100.000	2	Zumo de limón, vinagre
10.000	3	Zumo de naranja, soda
1.000	4	Zumo de tomate
100	5	Café negro, lluvia ácida
10	6	Orina, saliva
1	7	Agua “pura”
1/10	8	Agua de mar
1/100	9	Bicarbonato de sodio, pasta de dientes
1/1.000	10	Sales de magnesio
1/10.000	11	Amoniaco
1/100.000	12	Agua jabonosa
1/1.000.000	13	Lejía, productos para la limpieza del horno
1/10.000.000	14	Sosa cáustica líquida

Fuente: Richmond River County Council  
[www.rccc.nsw.gov.au](http://www.rccc.nsw.gov.au)

# QUÍMICA OCEÁNICA

La composición química del agua del mar amortigua los grandes cambios del pH. Sin embargo, un gran aumento del dióxido de carbono puede reducir la disponibilidad de carbonatos, e incluso hacer que el agua del mar se vuelva corrosiva y comience a eliminar estructuras de carbonato cálcico.

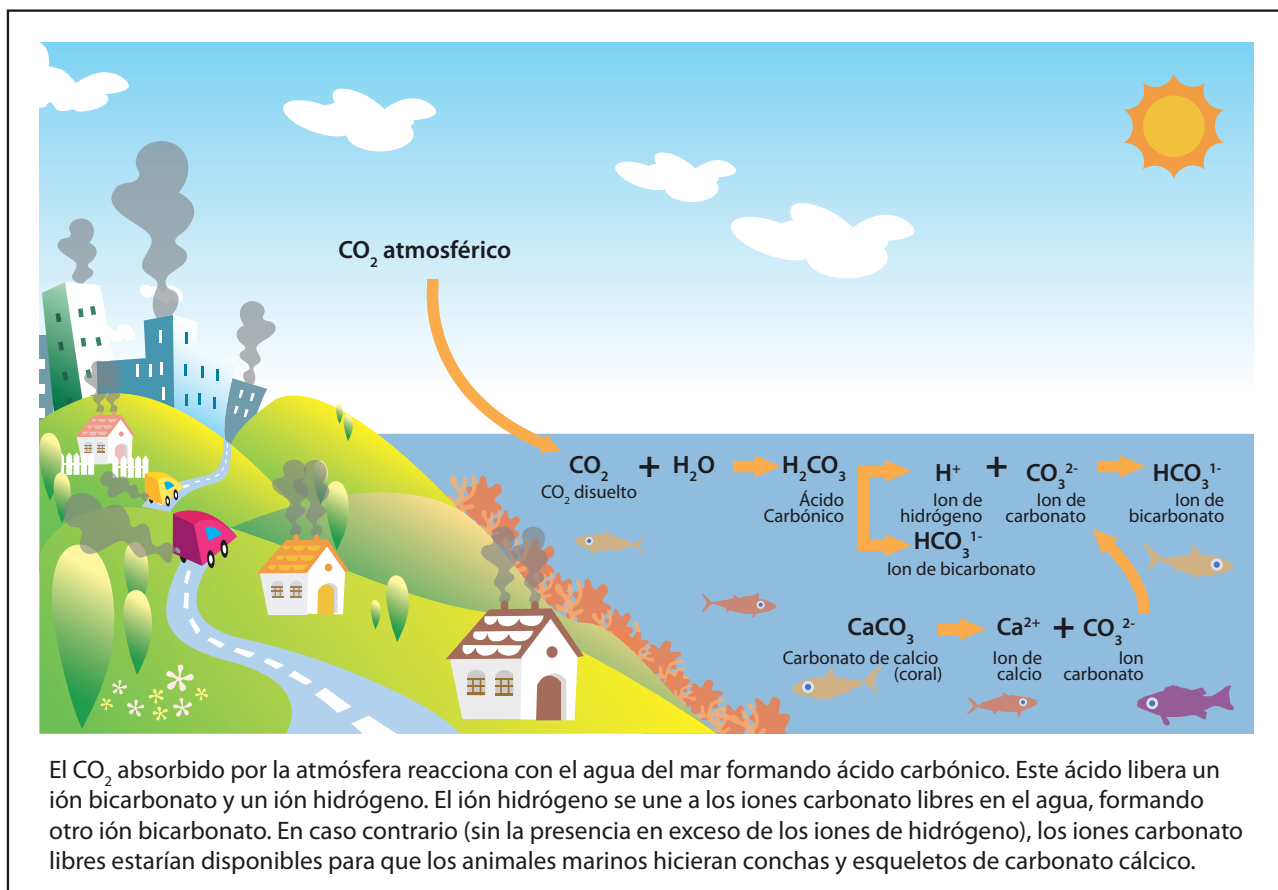
## Grandes cantidades de dióxido de carbono en el agua de mar reducen la disponibilidad de carbonatos

Los animales marinos necesitan el carbonato para fabricar sus conchas y esqueletos de carbonato de calcio. En el océano, las cantidades de carbonato y bicarbonato están en equilibrio, por lo que si aumenta la cantidad de uno, decrecerá la cantidad del otro. Con un nivel de pH normal, la mayoría del carbono inorgánico del océano se almacena en forma de iones bicarbonato, pero queda disponible suficiente carbonato para la formación de carbonato cálcico.

El proceso químico es el siguiente: cuando el dióxido de carbono absorbido por el océano reacciona con el agua, forma un ión bicarbonato y un ión de hidrógeno. Este ión hidrógeno se une a una molécula de carbonato que en otras circunstancias se utilizaría para producir carbonato cálcico (véase la Cuadro 1). Esto inclina la balanza haciendo que haya menos iones carbonato, vitales para la vida marina.

Algunas de las especies que podrían verse afectadas por una disminución en la cantidad de iones carbonatos son: corales, estrellas marinas, ostras, cangrejos, gambas, mejillones, langostas, cocolitóforos (un tipo de fitoplancton), pterópodos (caracoles marinos) y foraminíferas (plancton relacionado con las amebas).

## Cuadro 1: Procesos químicos en la acidificación oceánica





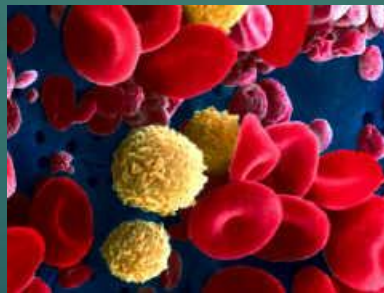
## ANEXO 8. PRESENTACIÓN PARA QUE LOS ALUMNOS TRABAJEN EN CASA (parte correspondiente a *flipped classroom*) para el trabajo 1

# EQUILIBRIO ÁCIDO-BASE



*“Probablemente no haya otro tipo de equilibrio tan importante como el de ácidos y bases”*

B. M. Mahan y R. J. Myers





# ÍNDICE:

- INTRODUCCIÓN
- CARACTERÍSTICAS DE LOS ÁCIDOS Y DE LAS BASES
- DEFINICIONES DE LOS CONCEPTOS DE ÁCIDOS Y BASES
- PROPIEDADES ÁCIDO-BASE DEL AGUA
- MEDIDA DE LA ACIDEZ. ESCALA DE PH.
- ÁCIDOS FUERTES Y ÁCIDOS DÉBILES
- ¿CÓMO MEDIMOS EL PH?
- INDICADORES
- REACCIONES DE NEUTRALIZACIÓN
- VALORACIONES ÁCIDO-BASE

# 0 INTRODUCCIÓN

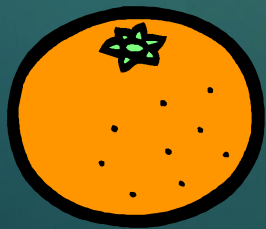
Desde muy antiguo se sabía de la existencia de dos grupos de compuestos químicos, los ácidos y las bases (o álcalis), que presentaban propiedades aparentemente antagónicas:

- ❖ Los ácidos dan coloración roja con el tornasol (indicador), tienen sabor agrio y producen efervescencia al actuar sobre los carbonatos.
- ❖ Las bases dan coloración azul con el tornasol, tienen sabor amargo y neutralizan los ácidos al reaccionar con ellos

# 1 CARACTERÍSTICAS DE ÁCIDOS Y BASES

## ÁCIDOS:

- ▶ Tienen sabor agrio.
- ▶ Se disuelven en agua
- ▶ Tacto punzante
- ▶ Algunos son corrosivos para la piel.
- ▶ Colorean de rojo el tornasol
- ▶ Disuelven sustancias
- ▶ Reaccionan con algunos metales desprendiendo  $H_2$ .
- ▶ Reaccionan con carbonatos para producir dióxido de carbono gaseoso.
- ▶ Conducen la corriente eléctrica en disolución
- ▶ Pierden sus propiedades al reaccionar con bases.



## BASES:

- ▶ Tiene sabor amargo.
- ▶ Se disuelven en agua
- ▶ tacto untuoso
- ▶ Algunas son caústicas (dañan la piel y los tejidos)
- ▶ Colorean de azul el tornasol
- ▶ Precipitan sustancias disueltas por ácidos.
- ▶ Disuelven grasas.
- ▶ Conducen la corriente eléctrica en disolución
- ▶ Pierden sus propiedades al reaccionar con ácidos.





## Algunos ácidos y bases de interés:

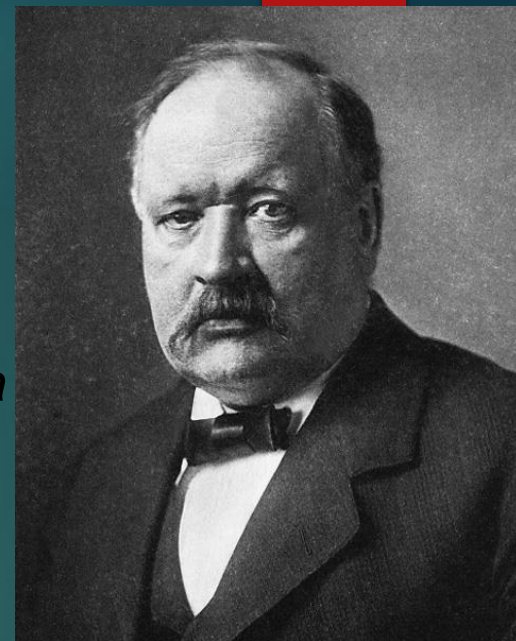
Ácidos más importantes		
Nombre	Fórmula	Dónde se encuentra
Ác. Clorhídrico	HCl	En el estómago. Es el sulfumán
Ác. Sulfúrico	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	En la lluvia ácida, baterías de coche
Ác. Nítrico	HNO <sub>3</sub>	En la lluvia ácida
Ác. Carbónico	H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	En las bebidas carbónicas
Ác. Acético	C <sub>2</sub> O <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	En el vinagre
Ác. Fórmico	CO <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	En las hormigas rojas
Ác. Cítrico	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub>	En los limones y naranjas

Bases más importantes		
Nombre	Fórmula	Dónde se encuentra o cómo se utiliza
Hidróxido de sodio	NaOH	Fabricación de jabones
Hidróxido de calcio	Ca(OH) <sub>2</sub>	Neutralización de suelos
Amoníaco o (hidróxido de amonio)	NH <sub>3</sub> (NH <sub>4</sub> OH)	Limpiador doméstico, en la industria, precursor de abonos y otros productos nitrogenados





## 1903 Tercer premio Nobel de Química



*“En reconocimiento a los extraordinarios servicios que ha prestado al avance de la química mediante su teoría electrolítica de la disociación”.*

[<http://nobelprize.org/chemistry/laureates/1903/index.html>]

**Svante August Arrhenius**  
(1859-1927)

### LIMITACIONES:

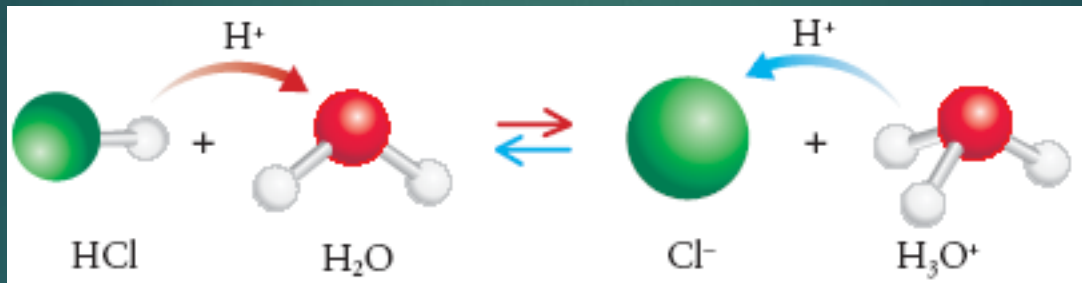
- ✓ Sustancias con propiedades básicas o ácidas que no contienen protones,  $H^+$ , o iones hidroxilo (p.ej.:  $NH_3$  líquido)
- ✓ Se limita a disoluciones acuosas.



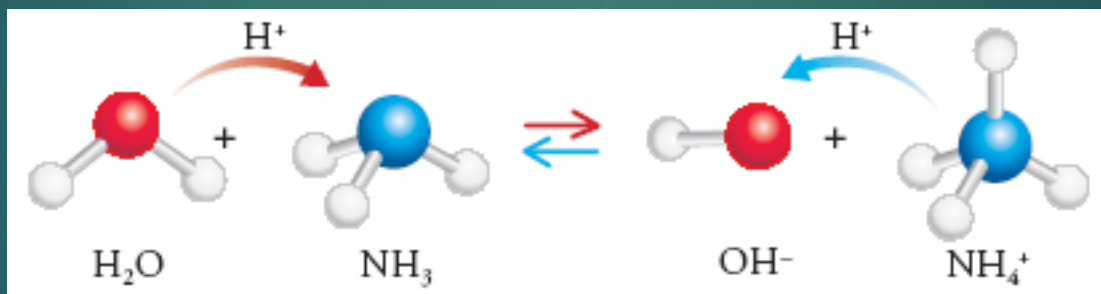
Se requiere una perspectiva más general

# Teoría de Brønsted-Lowry (1923)

**Ácido:** sustancia que puede donar un protón.



**Base:** sustancia que puede aceptar un protón.



ácido

base

base

ácido

└─┐  
└─┐ Par ácido-base conjugado └─┐



## Johannes Nicolaus Brønsted

(1879-1947)

- ✓ Ya no se limita a disoluciones acuosas
- ✓ Se explica el comportamiento básico de, p.ej.,  $\text{NH}_3$



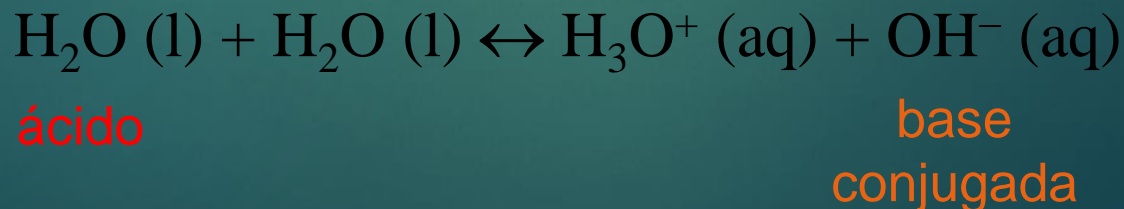
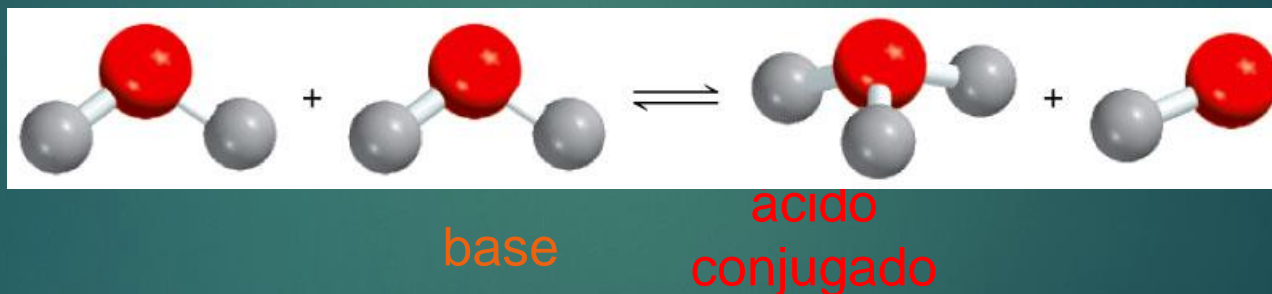
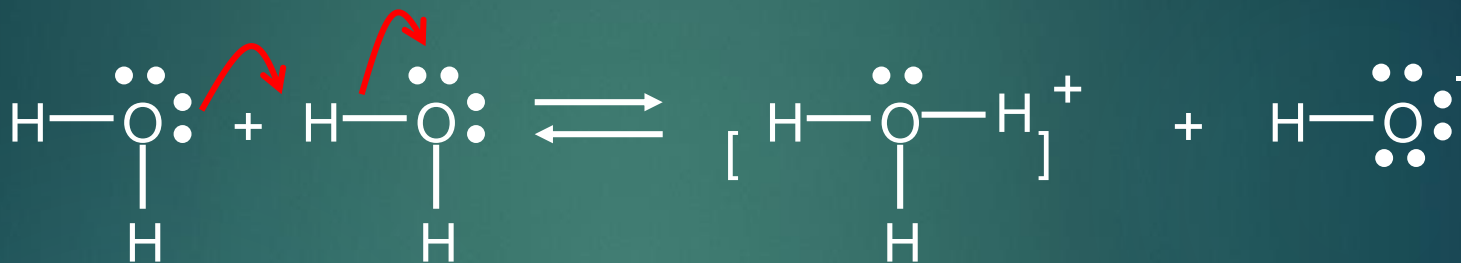
## Thomas Martin Lowry

(1874-1936)

# 3 PROPIEDADES ÁCIDO-BASE DEL AGUA



Equilibrio de autoionización del agua

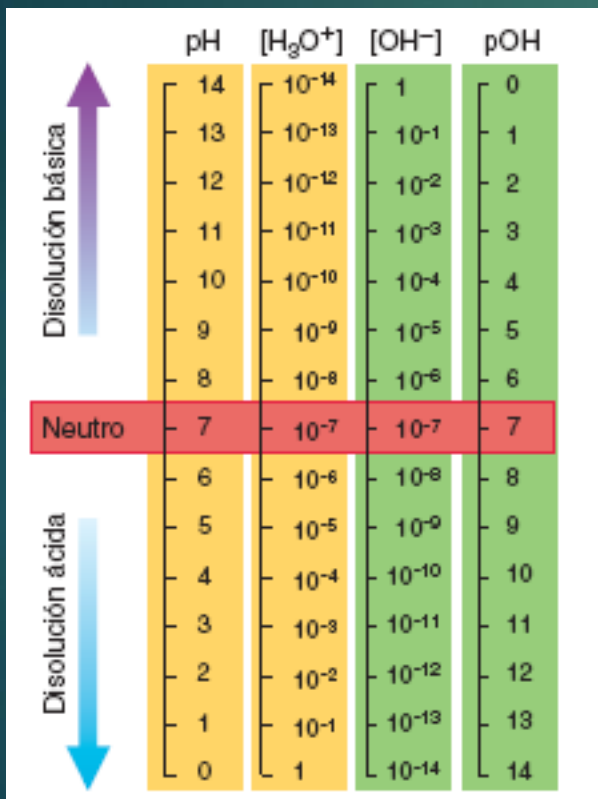


# 4 MEDIDA DE LA ACIDEZ. ESCALA DE pH.

**Sørensen** propuso (en 1909) **la escala pH** <sup>(1)</sup> para medir la acidez de las disoluciones acuosas. Para saber si una sustancia es un ácido o una base se utiliza esta escala cuyos valores están comprendidos entre 1 y 14

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

## ALGUNOS EJEMPLOS

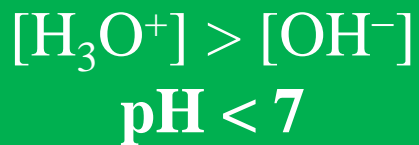


Sustancia	pH	Sustancia	pH
Disolución de HCl 1 M	0,0	Orina	6,0
Jugo gástrico	1,5	Leche	6,5
Zumo de limón	2,4	Agua pura a 25 °C	7,0
Vinagre	3,5	Sangre	7,4
Vino	3,5	Limpiador amoniacal	12,0
Agua de lluvia	5,7	Disolución de NaOH 1 M	14,0

<sup>(1)</sup> pH es una abreviatura de "potencial de hidrógeno"

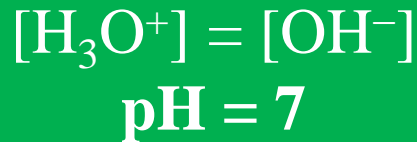
Agua pura:  $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-]$  ;

### DISOLUCIÓN ÁCIDA



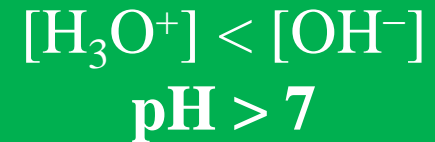
El carácter ácido es tanto más acusado cuanto menor es el valor del pH

### DISOLUCIÓN NEUTRA



No tienen características ácidas ni básicas.

### DISOLUCIÓN BÁSICA



El carácter básico es tanto mayor cuanto mayor es el valor del pH.

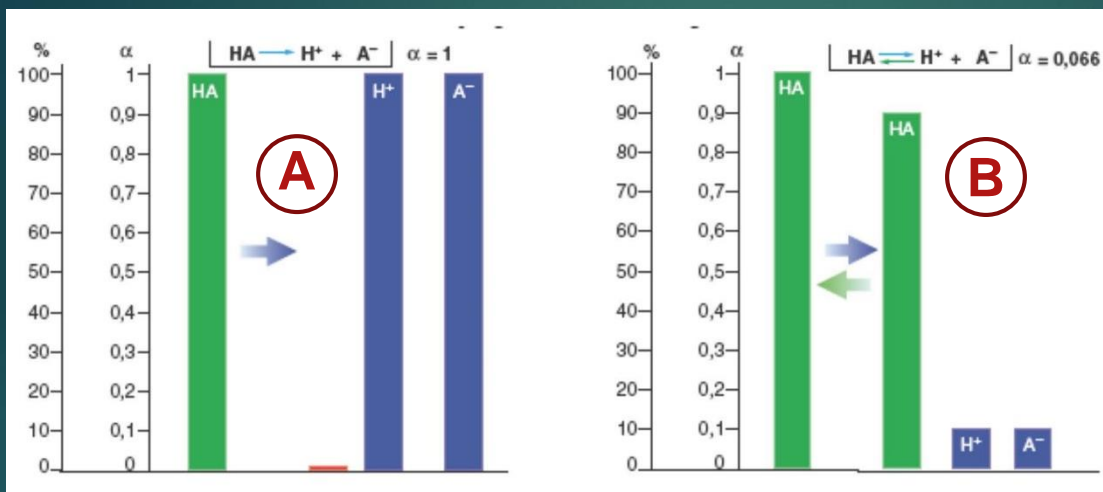


Cada unidad de la escala representa una variación de 10 veces. Así, un medio de  $\text{pH} = 4$  es diez veces mas ácido que uno de  $\text{pH} = 5$



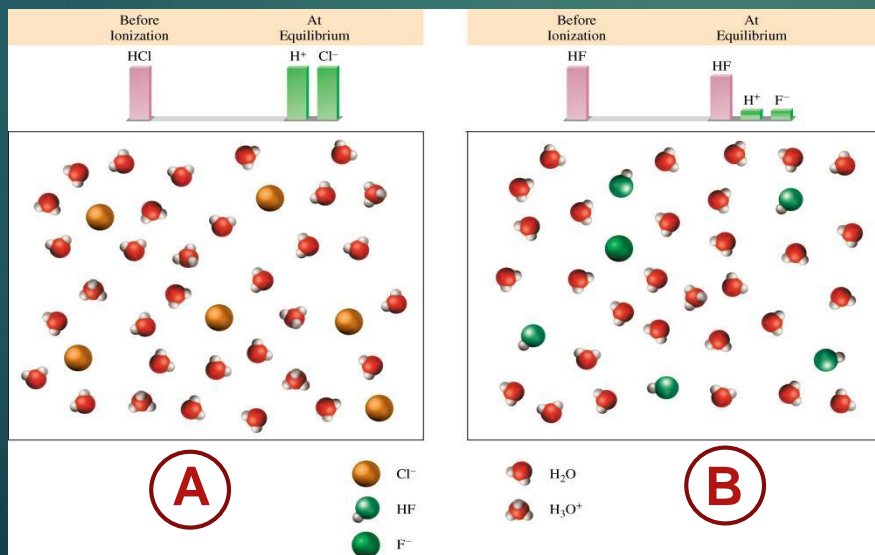
# 5 ÁCIDOS FUERTES Y ÁCIDOS DÉBILES

La fuerza de los ácidos (y las bases) está determinada por su capacidad para disociarse en iones en disolución acuosa



A) ÁCIDO FUERTE

B) ÁCIDO DÉBIL



Se dice que un ácido es fuerte si está totalmente disociado (como les sucede a los ácidos minerales), y débil si la disociación es parcial, esto es, depende de una constante de equilibrio.



# 6 ¿CÓMO MEDIMOS EL pH?

Para medir el pH de una disolución se usan indicadores, papel de pH (medida aproximada) o pH-metros.

## 1. pH-METROS:

Son aparatos que miden el pH de forma más exacta

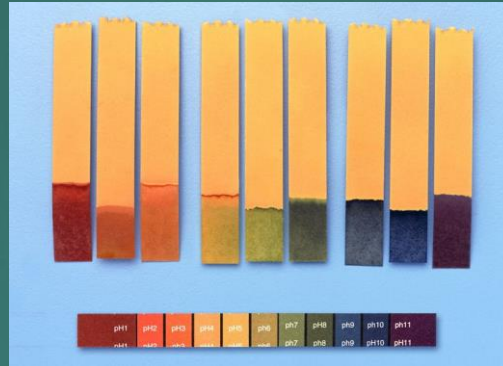
Es un instrumento científico que mide la actividad del ion hidrógeno en soluciones acuosas, indicando su grado de acidez o alcalinidad expresada como pH.



# ¿CÓMO MEDIMOS EL pH?

## 2. PAPEL INDICADOR:

El papel de tornasol o papel de pH cambia de color al ponerse en contacto con una solución particular, que depende del pH de esta disolución:



Comparando el color obtenido de la disolución en el papel con el de la escala que posee el propio papel podemos saber el valor del pH



# 7 INDICADORES

**Los indicadores ácido-base** son sustancias que presentan colores distintos en medio ácido o básico y pueden servirnos para identificar si una sustancia es ácida o básica.

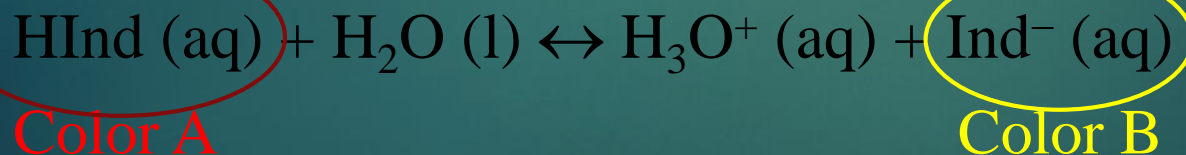
Características {

- Ácidos o bases débiles
- Varían su color al variar el pH: **VIRAJE**



Indicador se ioniza al disolverse en H<sub>2</sub>O:

Ejemplo: Indicador = Ácido débil



# EJEMPLOS

## MEDIO ÁCIDO

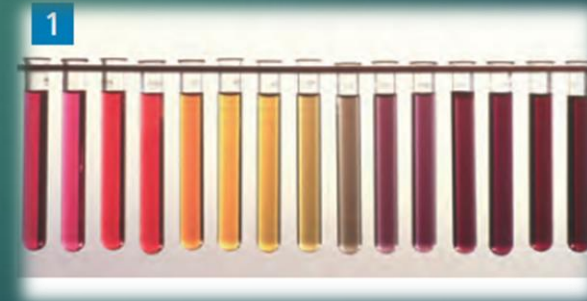


## MEDIO BÁSICO



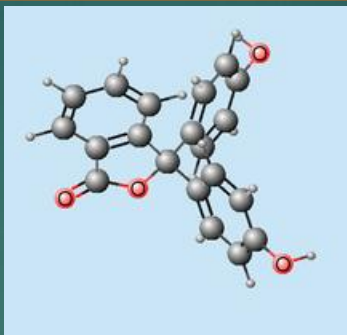
Nombres de los indicadores (de izquierda a derecha): Fenolftaleína, rojo de metilo, azul de bromotimol, naranja de metilo, rojo congo.

**INDICADOR UNIVERSAL** tomando diferentes colores según el pH



# EJEMPLOS

## Fenolftaleína



Disol. ácida o  
neutra

Incolora



Disol. básica

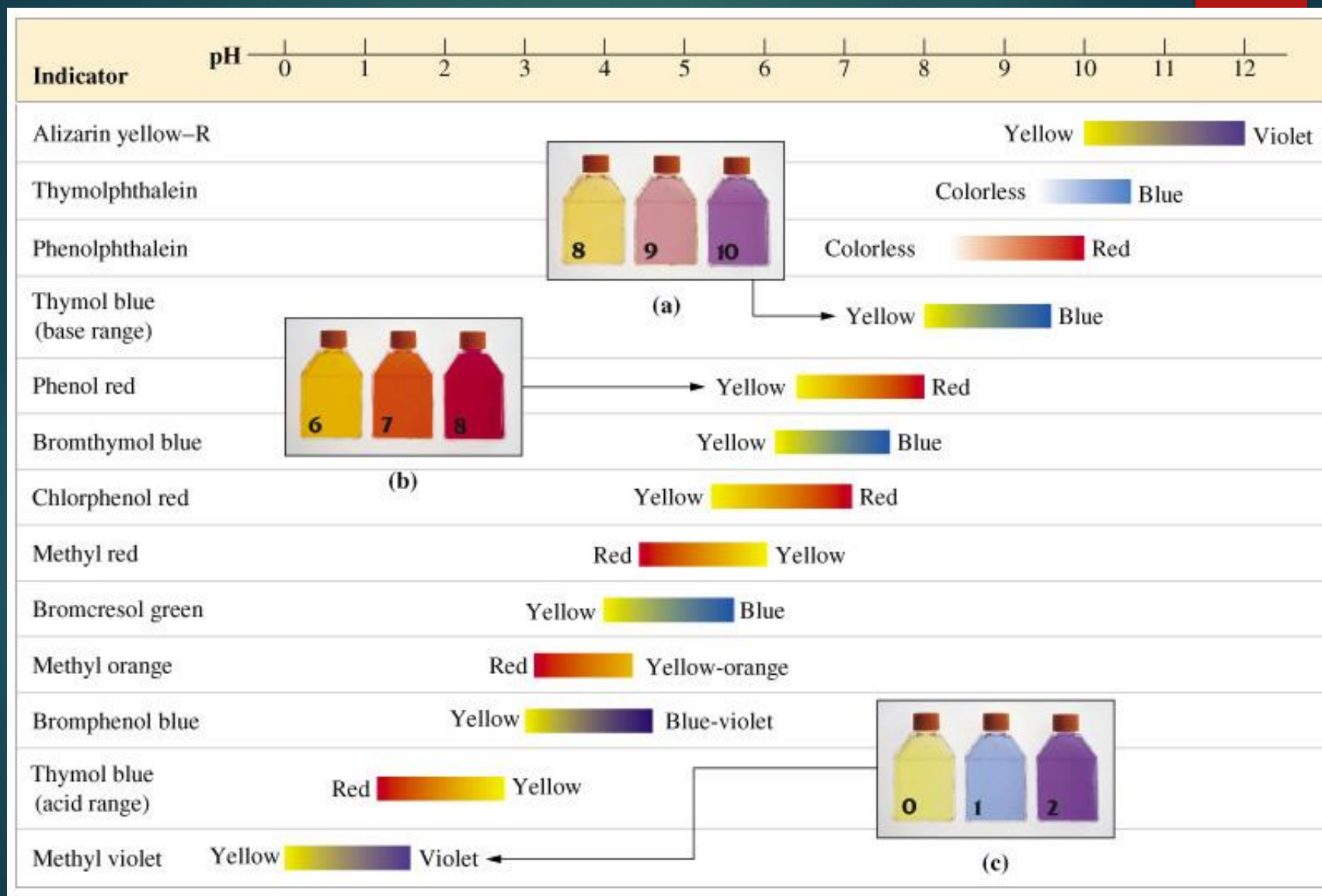
pH = 9

Rosa



Indicador	Color Medio ÁCIDO	Color Medio BÁSICO	pH VIRAJE
Rojo de metilo	Rojo	Amarillo	4,8 - 6,0
Azul de bromotimol	Amarillo	Azul	6,0 - 7,0
naranja de metilo	Rojo	Amarillo naranja	3,2 - 4,4
Fenolftaleína	Incoloro	Rosa	8,2 - 10,0

# Intervalos de viraje de indicadores





# 8

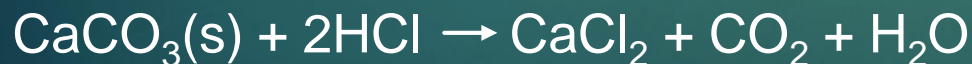
## REACCIONES DE NEUTRALIZACIÓN.

Cuando hacemos reaccionar un ácido con una base se obtiene la sal del ácido y agua. Por tanto el ácido y la base desaparecen y sus propiedades se anulan. Se dice entonces que se produce una **neutralización**. Las reacciones de este tipo reciben el nombre de reacciones de neutralización.

El esquema típico de este tipo de reacción es la que sucede entre cualquier ácido y un hidróxido:



Algunos ejemplos de este tipo de reacciones con otro tipo de bases son:



Una reacción de neutralización puede seguirse mediante el cambio de color que experimenta un indicador que ha sido previamente añadido a la mezcla



# 9 VALORACIONES ÁCIDO-BASE.

Las reacciones de neutralización pueden utilizarse para determinar la concentración de un ácido o una base a partir de su reacción con una base o un ácido de concentración conocida.

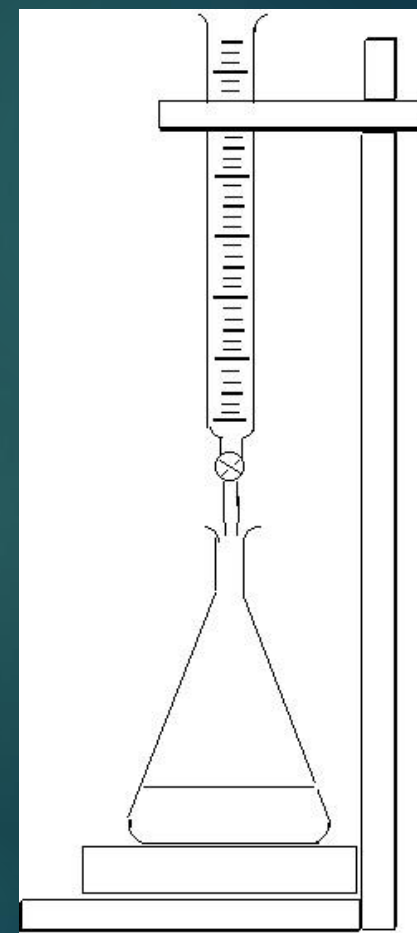
El proceso se denomina **valoración ácido-base**

Una disolución que contiene una concentración conocida de base (o ácido) se hace reaccionar con una disolución de ácido (o de base) de concentración desconocida.

Medimos el volumen de la disolución de base (o ácido) necesario para que consuma (neutralice) todo el ácido (o base).

Cuando se logra la neutralización completa:

**Punto de equivalencia**



# VALORACIONES ÁCIDO-BASE.

Si medimos exactamente un volumen de ácido ( $v_A$ ), si conocemos la concentración de la base ( $c_B$ ), y medimos el volumen de base necesario para neutralizar exactamente todo el ácido ( $v_B$ ), podemos conocer la concentración del ácido ( $c_A$ ):

Según nos indica la estequiometría de la reacción, la neutralización se produce cuando reaccionan el mismo número de moles de ácido y de base:

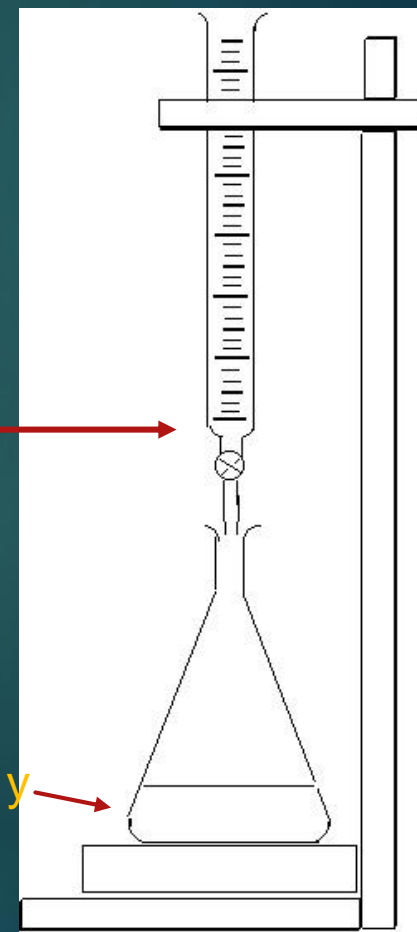
Moles de base que reaccionan=Moles de ácido que reaccionan

La bureta nos permite medir con gran precisión el volumen de base gastada.

moles base = moles ácido

$$\frac{V_B C_B}{1000} = \frac{V_A C_A}{1000}; \quad \boxed{V_B C_B = V_A C_A}; \quad \boxed{C_A = \frac{V_B C_B}{V_A}}$$

ácido de concentración desconocida (analito), y unas gotas de indicador (fenolftaleína).



## RESUMEN VALORACIONES:

- **Indicador:** Sustancia que cambia de color cuando cambia el pH de la disolución
- **Cambio de color:** Viraje del indicador. El pH al que cambia de color es característico de cada indicador.
- **Volumetría Ácido-Base:** Método para calcular la cantidad de un ácido o una base en disolución.
- Se necesita añadir un indicador.
- En el Viraje, se da la **NEUTRALIZACIÓN**. En él,

$$\text{moles}_{\text{base}} = \text{moles}_{\text{ácido}}$$

## ANEXO 9. Fragmento del currículo de Física y Química de 4º de ESO (Orden ECD/489/2016, de 26 de mayo)

FÍSICA Y QUÍMICA		Curso: 4º
<b>BLOQUE 3: Los cambios químicos</b>		
<b>CONTENIDOS:</b> Reacciones y ecuaciones químicas. Mecanismo, velocidad y energía de las reacciones. Cantidad de sustancia: el mol. Concentración en mol/L. Cálculos estequiométricos. Reacciones de especial interés.		
CRITERIOS DE EVALUACIÓN	COMPETENCIAS CLAVE	ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE EVALUABLES
Crit.FQ.3.1. Comprender el mecanismo de una reacción química y deducir la ley de conservación de la masa a partir del concepto de la reorganización atómica que tiene lugar.	CMCT	Est.FQ.3.1.1. Interpreta reacciones químicas sencillas utilizando la teoría de colisiones y deduce la ley de conservación de la masa.
Crit.FQ.3.2. Razonar cómo se altera la velocidad de una reacción al modificar alguno de los factores que influyen sobre la misma, utilizando el modelo cinético-molecular y la teoría de colisiones para justificar esta predicción.	CMCT-CD-CAA	Est.FQ.3.2.1. Predice el efecto que sobre la velocidad de reacción tienen: la concentración de los reactivos, la temperatura, el grado de división de los reactivos sólidos y los catalizadores. Est.FQ.3.2.2. Analiza el efecto de los distintos factores que afectan a la velocidad de una reacción química ya sea a través de experiencias de laboratorio o mediante aplicaciones virtuales interactivas en las que la manipulación de las distintas variables permita extraer conclusiones.
Crit.FQ.3.3. Interpretar ecuaciones termoquímicas y distinguir entre reacciones endotérmicas y exotérmicas.	CMCT	Est.FQ.3.3.1. Determina el carácter endotérmico o exotérmico de una reacción química analizando el signo del calor de reacción asociado.
Crit.FQ.3.4. Reconocer la cantidad de sustancia como magnitud fundamental y el mol como su unidad en el Sistema Internacional de Unidades.	CMCT	Est.FQ.3.4.1. Realiza cálculos que relacionen la cantidad de sustancia, la masa atómica o molecular y la constante del número de Avogadro, partiendo de las masas atómicas relativas y de las masas atómicas en una.
Crit.FQ.3.5. Realizar cálculos estequiométricos partiendo del ajuste de la ecuación química correspondiente.	CMCT	Est.FQ.3.5.1. Interpreta los coeficientes de una ecuación química en términos de partículas, cantidad de sustancia (moles) y, en el caso de reacciones entre gases, en términos de volúmenes. Est.FQ.3.5.2. Resuelve problemas realizando cálculos estequiométricos, incluyendo reactivos impuros, en exceso o en disolución.
Crit.FQ.3.6. Identificar ácidos y bases, conocer su comportamiento químico y medir su fortaleza utilizando indicadores y el pH-metro digital.	CMCT	Est.FQ.3.6.1. Utiliza la teoría de Arrhenius para describir el comportamiento químico de ácidos y bases. Est.FQ.3.6.2. Establece el carácter ácido, básico o neutro de una disolución utilizando la escala de pH.
Crit.FQ.3.7. Realizar experiencias de laboratorio en las que tengan lugar reacciones de síntesis, combustión y neutralización, interpretando los fenómenos observados.	CMCT-CAA- CIEE	Est.FQ.3.7.1. Diseña y describe el procedimiento de realización de una reacción de neutralización entre un ácido fuerte y una base fuerte, interpretando los resultados. Est.FQ.3.7.2. Planifica una experiencia, y describe el procedimiento a seguir en el laboratorio que demuestre que en las reacciones de combustión se produce dióxido de carbono mediante la detección de este gas.
Crit.FQ.3.8. Valorar la importancia de las reacciones de síntesis, combustión y neutralización en procesos biológicos, aplicaciones cotidianas y en la industria, así como su repercusión medioambiental.	CMCT-CSC	Est.FQ.3.8.1. Reconoce las reacciones de síntesis industrial del amoníaco y del ácido sulfúrico, así como algunos usos de estas sustancias en la industria química. Est.FQ.3.8.2. Justifica la importancia de las reacciones de combustión en la generación de electricidad en centrales térmicas, en la automoción y en la respiración celular. Est.FQ.3.8.3. Interpreta casos concretos de reacciones de neutralización de importancia biológica e industrial.

## ANEXO 10: OBJETIVOS, CONTENIDOS Y DIFICULTADES DE APRENDIZAJE para el trabajo 2

### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

#### i. GENERALES

De los objetivos de aprendizaje generales que aparecen en la Orden ECD/494/2016, en este trabajo se concretan en:

1. Expresar mensajes científicos orales y escritos con propiedad, así como interpretar diagramas, gráficas, tablas, expresiones matemáticas y otros modelos de representación.
2. Comprender los principales conceptos y teorías, su vinculación a problemas de interés y su articulación en cuerpos coherentes de conocimientos.
3. Utilizar de manera habitual las Tecnologías de la Información y la Comunicación para realizar simulaciones, tratar datos y extraer y utilizar información de diferentes fuentes, evaluar su contenido, fundamentar los trabajos y adoptar decisiones.
4. Adquirir y poder utilizar con autonomía conocimientos básicos de la Física, así como las estrategias empleadas en su construcción.
5. Aplicar los conocimientos físicos pertinentes a la resolución de problemas de la vida cotidiana.
6. Realizar experimentos físicos, utilizando el instrumental básico de laboratorio, de acuerdo con las normas de seguridad de las instalaciones.
7. Reconocer los principales retos actuales a los que se enfrenta la Física, sus aportaciones a la evolución cultural y al desarrollo tecnológico del ser humano, analizar su incidencia en la naturaleza y en la sociedad y valorar su importancia para lograr un futuro sostenible.

#### ii. CONCRETOS

Estos objetivos están relacionados con las características propias de esta propuesta:

1. Elaborar actividades que permitan el aprendizaje de ciertos fenómenos sonoros con instrumentos musicales e instrumentos que se utilizan en música, que a su vez despierten el interés de los alumnos por aprender física.
2. Aplicar los conocimientos científicos a los contextos cotidianos y tecnológicos, evitando que los conceptos tratados tengan un sentido puramente teórico alejado de toda utilidad.
3. Favorecer la motivación de los estudiantes y su implicación en la dinámica del aula, fomentando el interés por la Física.

**A nivel de contenido los objetivos serían los siguientes:**

1. Conocer las diferencias entre ondas electromagnéticas y ondas mecánicas y entre ondas longitudinales y ondas transversales y reconocerlas en el entorno.
2. Conocer la ecuación y las magnitudes características asociadas al sonido, como la amplitud, relacionándola con la energía mecánica, la velocidad, la longitud de onda, su periodo, su frecuencia y la intensidad

3. Comprender como se propaga el sonido, así como los factores que determinan su velocidad de propagación en distintos medios
4. Conocer los diferentes componentes que definen el sonido: timbre, tono o altura e intensidad y relacionarlas con las características de las ondas.
5. Identificar conceptos y fenómenos físicos relacionados con el sonido utilizando como recurso instrumentos musicales o instrumentos que se utilicen en la música.
6. Entender cómo se establecen las ondas estacionarias.
7. Reproducir y analizar el fenómeno de la resonancia a partir de los instrumentos musicales
8. Comprender algunas propiedades del sonido: eco, interferencias, efecto Doppler
9. Establecer relaciones entre las magnitudes del sonido, su representación gráfica y el sonido percibido.
10. Comprender como funciona el oído humano. La percepción del sonido
11. Conocer la acústica arquitectónica
12. Tomar conciencia de la contaminación acústica y de su impacto sobre la salud
13. Conocer algunas aplicaciones interesantes: el sónar, el ecógrafo, el radar, lo de las piedras en medicina

## CONTENIDOS

Los contenidos que se abordan en este proyecto se han planteado de acuerdo con los marcos curriculares recogidos en la *Orden ECD/494/2016*. Además, para tener una primera aproximación sobre el conocimiento que tiene el alumnado de este tópico o de los contenidos relacionados con él, también se ha analizado brevemente, puesto que esta tarea ya se abordó en clase, el currículo desde el primer curso de la ESO hasta segundo de bachillerato, con el fin de tener una aproximación sobre los conocimientos previos que tienen o deberían tener los alumnos a cerca de esta temática.

Se comprueba que tanto en primero como en cuarto de la ESO no aparece ningún contenido relacionado con este tema. En segundo de ESO, sí queda incluido en el currículo. Se aborda en el bloque cinco, la Energía. Se habla en concreto de la luz y el sonido relacionándolo con aspectos como la percepción, la propagación y aspectos y mecanismos relacionados con el medio ambiente. En primero de bachillerato se trata el tema de las ondas pero de forma indirecta puesto que no existe ningún bloque dedicado a este contenido. Se aborda en los bloques seis (Dinámica) y siete (Energía), que poco tienen que ver con lo que se aborda en este proyecto. En el primero se incluye el M.A.S, ley de Hooke y péndulo simple y en el segundo el oscilador armónico.

Se observa que en segundo de bachillerato es donde realmente se aborda este tema de una manera más amplia y detallada y donde se presentan muchos más aspectos relacionados con el sonido. En este curso, el currículo dedica un bloque de contenido entero a las ondas (bloque 4), que consta de los siguientes contenidos:

*Movimiento armónico simple. Clasificación y magnitudes que caracterizan las ondas. Ecuación de las ondas armónicas. Energía e intensidad. Ondas transversales en una cuerda. Fenómenos ondulatorios: interferencia y difracción, reflexión y refracción. Efecto Doppler. Ondas longitudinales. El sonido. Energía e intensidad de las ondas sonoras. Contaminación acústica. Aplicaciones tecnológicas del sonido. Ondas electromagnéticas. Naturaleza y propiedades de las ondas electromagnéticas. El espectro electromagnético. Dispersión. El color. Transmisión de la comunicación.*



En este proyecto no se tratarán todos los contenidos del bloque, puesto que se abordarían en diferentes unidades didácticas (diría que en tres unidades) por su diferente contenido y se abordarán únicamente los que se han indicado en la memoria del TFM. En cuanto a los **contenidos extracurriculares** también aparecen en el TFM:

## DIFICULTADES DE APRENDIZAJE

Dado que el contenido de este tópico es relativamente sencillo, en el sentido físico y matemático, en comparación con otros bloques de contenido de este curso de Física, y de fácil comprensión, diría que las principales dificultades de aprendizaje van a estar orientadas o bien por sus ideas previas o por el limitado conocimiento que tengan sobre el sonido adquirido en cursos anteriores o bien por ambos. Como se ha comentado anteriormente, a pesar de que este tópico aparece en el currículo en segundo de ESO, el contenido que se desarrolla es bastante escaso y a un nivel muy básico, de allí que me refiera a su limitado conocimiento. En cualquier caso, se tendría en cuenta los posibles conocimientos previos de los que podían partir los alumnos sobre el sonido.

### IDEAS PREVIAS:

Se ha descrito ampliamente cómo los estudiantes desarrollan ideas sobre los fenómenos naturales antes de que les sean enseñados en las clases de ciencias y cómo deben ser integradas dentro de cualquier proceso de enseñanza-aprendizaje. Estas ideas son de gran interés debido a que pueden llegar a formar una estructura coherente en la mente del alumno que pueden dificultar el aprendizaje, al competir con el nuevo aprendizaje que se le desea transmitir. En este sentido, dada la trascendencia que esto supone en el aprendizaje, en estas últimas décadas se ha tomado conciencia de la gran importancia no sólo de que el profesorado conozca estas ideas previas sino también que las tenga en cuenta en su planificación, con el fin de favorecer un aprendizaje más eficaz.

Se han analizado algunos recursos bibliográficos con el fin de identificar las ideas alternativas que los alumnos tienen sobre Ondas y Sonido, centrándome principalmente en las referidas al Sonido. Se ha de señalar que del mismo modo que existe un abismo entre la gran cantidad de fenómenos sonoros que nos rodean constantemente y de las múltiples implicaciones tecnológicas que se sirven del sonido y de sus fundamentos y lo que el currículo contiene sobre este tópico y aún más lo que se explica en clase; también parece que ocurre lo mismo en cuanto a la investigación en didáctica referida a las ideas previas de los alumnos sobre acústica, los trabajos que se encuentran son escasos.

En el ámbito del sonido, las investigaciones realizadas con alumnos de enseñanza preuniversitaria y universitaria revelan varios aspectos de interés:

1) Boyes y Stanisstreet (1991) investigaron a cerca de la trayectoria del sonido encontrando que algunos estudiantes tienen la creencia que el sonido viaja desde el receptor a la fuente.

2) Saura y de Pro (1999) concluyeron que los alumnos tienden a confundir la onda sonora, el emisor y el receptor; no establecen con claridad las relaciones entre las cualidades del sonido y las magnitudes características de una onda (amplitud, frecuencia, etc.), establecen relaciones incorrectas entre variables, como la velocidad de propagación y la amplitud, no consideran que sea necesaria la existencia de un medio para que se propague el sonido, no tienen claridad en cuanto a los fenómenos como reflexión,

amortiguación refracción e interferencia y utilizan el modelo corpuscular en sus razonamientos sobre el sonido.

3) Chang (2007) encontró que los estudiantes consideraban el sonido compuesto por partículas.

4) Eshach y Schwartz (2006) evidenciaron que para los estudiantes el sonido carece de consistencia interna, argumentando que el sonido se propaga de forma distinta en diferentes medios.

5) Aizczom y Cudmani (2007) encontraron que estudiantes universitarios no distinguían la onda sonora de la percepción acústica, ni entre una vibración y una onda.

6) Hrepic, Zollman y Rebello (2010) investigaron a cerca de los modelos mentales que tienen estudiantes universitarios sobre la propagación del sonido encontrando que había hasta ocho modelos para la propagación del sonido. Muchos de ellos hacían uso de un modelo de “entidad”.

7) Pjuan, Bohigas, Jaen y Periago (2012) concluyeron que estudiantes de ingeniería muestran que el sonido se propaga producto del desplazamiento de las partículas del aire, que una mayor intensidad se asocia a una frecuencia más alta, que la velocidad depende tanto de la frecuencia como de la intensidad y que la velocidad es mayor en la dirección en que se mueve la fuente sonora.

8) Medina y Ramirez (2016) encontraron que alumnos universitarios muestran ideas previas en cuanto a las características que se ven modificadas en la reflexión y en la refracción y algunos no saben que es el sonido, afirmando que es una sensación auditiva.

## ANEXO 11. SECUENCIACIÓN DE ACTIVIDADES para el trabajo 2

Cada una de las sesiones tiene unos objetivos concretos que se han especificado pero además todas ellas tienen los siguientes objetivos *secundarios*, como consecuencia de aquellos, que son:

- Despertar la curiosidad de los alumnos hacia los fenómenos cotidianos.
- Reconocer la presencia de la física en fenómenos de la vida cotidiana.
- Fomentar el espíritu reflexivo en el alumnado.

Para este tema se propone la siguiente temporalización a lo largo de SIETE sesiones (50 min):

### PRIMERA SESIÓN

---

#### Actividad 1. SONDEOS PREVIOS: IDEAS ALTERNATIVAS Y CONOCIMIENTOS PREVIOS SOBRE EL SONIDO

##### OBJETIVOS

Esta actividad está diseñada con una doble intención, como su título indica, conocer las ideas alternativas que tienen los alumnos sobre el sonido y por otro lado tener una primera aproximación de su nivel de conocimiento sobre este tópico.

Los contenidos seleccionados, por un lado se corresponden con las preconcepciones e ideas previas de los estudiantes, en particular de la parte de producción y propagación del sonido. Por otro lado, las preguntas formuladas pretenden incentivar la curiosidad de los alumnos y promover una actitud indagatoria. De hecho, a lo largo de las siguientes sesiones, se pretende explorar, desarrollar y/o incrementar esta capacidad, entre otras. Por último, aunque este no es su fin, estas cuestiones también pretenden introducir el tema del sonido y anticipar algunas ideas o conceptos que irán apareciendo, de forma directa o indirecta, en las siguientes actividades.

##### CONTENIDOS

Los contenidos de esta primera actividad están relacionados con los que deberían tener de cursos anteriores, en concreto de 2º ESO y que están recogidos en el currículo aragonés, en la Orden ECD/489/2016, de 26 de mayo, por la que se aprueba el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Aragón, y también con prácticamente todos los contenidos relacionados con el sonido que se van a tratar en este proyecto.

La intención de estas preguntas es que los alumnos exploren, piensen y expliciten sus ideas respecto a esta temática y que también el profesor recoja la información dada por los estudiantes para redirigir o revisar el contenido de las siguientes sesiones, especialmente de la siguiente sesión donde se reforzarían o se insistiría en las carencias detectadas.

## DURACIÓN

La duración de esta actividad sería de una sesión de clase (50 min).

## METODOLOGÍA

No se utilizaría ninguna metodología en concreto puesto que se trata de una actividad de sondeos previos que se basa en que los alumnos contesten unas cuestiones que previamente han trabajado en pequeños grupos.

## DESCRIPCIÓN DETALLADA

Esta actividad consiste en una prueba basada en diferentes preguntas de respuesta abierta sobre contenidos relacionados con el sonido.

En esta actividad, el profesor entrega un cuestionario a los alumnos con el fin de que éstos las contesten de forma intuitiva y con los conocimientos previos que posean, argumentando sus respuestas. Las cuestiones a tratar son las siguientes:

1. Explica en qué consiste el sonido o que entiendes por sonido
2. ¿Qué tipo de onda es el sonido?
3. Explica cómo piensas que se emite y se propaga el sonido.
4. ¿Crees que hay transporte de materia, de energía, de ambas o de ninguna de ellas?
5. ¿Cuál crees que es la velocidad del sonido en el vacío? ¿Crees que es superior a la del sonido en el agua? Y en un sólido?
6. ¿Crees que escucharías en el espacio el sonido procedente de una radio o de una persona hablando?
7. Realiza una gráfica o dibujo que represente el sonido.
8. Razona qué diferencias hay entre el sonido y el ruido.
9. ¿En qué consiste el eco y la reverberación? ¿Por qué se produce eco en algunos lugares y en otros no?
10. Describe alguna propiedad del sonido.
11. Se golpean dos violines exactamente iguales en el mismo sitio de la cuerda y con la misma fuerza ¿en qué se diferencian los sonidos correspondientes? ¿En la intensidad, en el tono, en el timbre o en nada?
12. Predice cómo crees que varía el sonido emitido cuando se golpea unas botellas (idénticas) que se encuentran llenas de agua a diferentes alturas. Para una misma altura de agua, como crees que varía el sonido de una botella ancha a una estrecha. ¿Y si se sopla en lugar de golpear, cambiará en algo el sonido emitido?
13. ¿Conoces en que consiste la contaminación acústica?
14. Describe cómo crees que oímos. ¿Has oído hablar del término oído absoluto? ¿En qué consiste?

La dinámica de esta actividad sería la siguiente: primero se discutirían las posibles respuestas en pequeños grupos de 3-4 personas. En ellos, los equipos debatirían sobre estas cuestiones durante unos 20 minutos. A continuación se haría una puesta en común con toda la clase. Así, el profesor pediría a los estudiantes que respondieran a las preguntas, una pregunta por grupo hasta completarlas, para toda la clase. En ellas, los alumnos se explicarían con sus propias palabras con el fin de demostrar sus propias interpretaciones sobre un fenómeno determinado. En este caso, el profesor se mantendría *neutral*, únicamente se dedicaría a escuchar lo que los estudiantes argumentan y a lo sumo a hacer preguntas clave para guiar y continuar con la reflexión de los alumnos. En ningún caso daría las respuestas a estas preguntas puesto que la intención que tienen, además de las ya mencionadas anteriormente, es que conforme se vayan desarrollando las siguientes actividades los alumnos vayan encontrando respuestas a estas preguntas. Como paso final, tras la última sesión las revisarían de nuevo para comprobar, modificar y/o completar sus anteriores respuestas, las posibles ideas alternativas y lo que pueden aportar de nuevo después de todo lo que han aprendido a lo largo de estas actividades. Además servirá al profesor para valorar si las nuevas respuestas para evidencian un cambio en el aprendizaje.

## FORMA DE EVALUACIÓN

Esta actividad introductoria por su carácter e intención no se evaluaría. Sí serviría al profesor como *evaluación* en el sentido de conocer las ideas alternativas y los conocimientos previos de los alumnos.

## SEGUNDA SESIÓN

### Actividad introductoria: INTRODUCCIÓN AL SONIDO. TIPOS DE ONDA, ECUACIÓN DE ONDA Y MAGNITUDES ASOCIADAS.

## OBJETIVOS

Esta actividad presenta varios objetivos:

- ✓ Introducir los conceptos básicos asociados al movimiento ondulatorio e interpretar las características fundamentales de una onda para poder después relacionarlos e integrarlos con los del sonido.
- ✓ Introducir qué es el sonido, su naturaleza y el proceso de emisión y propagación.

## CONTENIDOS

Los contenidos tratados en esta sesión son los siguientes:

- Onda y tipos de onda.
- Onda sonora: naturaleza, emisión y propagación
- Ecuación de las ondas armónicas
- Magnitudes características de las ondas y su representación: longitud de onda, amplitud, número de onda, frecuencia y velocidad

➤ Energía e intensidad asociadas a una onda, atenuación y absorción

Los contenidos aquí tratados están relacionados con las ondas en general, sus características y magnitudes. Dado que el sonido es un tipo de onda, se ha considerado necesario para poder llegar hasta él que los alumnos conozcan los contenidos que aquí se han expuesto.

## IDENTIFICACIÓN DE DIFICULTADES

Las dificultades asociadas a esta sesión se podrían relacionar, de nuevo, con las ideas previas de los alumnos.

Según los resultados obtenidos por Saura y de Pro (1999), las ideas previas de los estudiantes estarían relacionadas con la naturaleza, emisión y propagación del sonido.

Por otro lado, tanto Chang (2007) como Hrepic et al. (2010) concluyen en sus investigaciones que los estudiantes muestran ideas previas a cerca de la naturaleza del sonido, considerándola corpuscular en lugar de ondulatoria. En este sentido, se han tenido en cuenta a la hora de planificar la sesión. En concreto, los estudiantes usarán algunas applets con el fin de visualizar algunos contenidos, mejorar su comprensión y modificar las posibles ideas alternativas.

## DURACION

Las actividades planteadas en este apartado se desarrollarían en una sesión de clase (50 min).

## METODOLOGÍA

La metodología de esta sesión es diferente a la aplicada en el resto de las sesiones y, en este sentido, también se aleja bastante.

En este caso, por el contenido que se trata en esta sesión (que no es el propósito de este proyecto), por sus características introductorias y además porque en teoría estos contenidos se han tratado con anterioridad, o bien en cursos anteriores o bien en un tema anterior, el grueso del contenido de esta sesión la expondría el profesor siguiendo el modelo de transmisión-recepción.

Por otro lado, además los alumnos harán uso de algunas applets con el fin de visualizar ciertos fenómenos físicos que se explican en este apartado y de este modo, facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

## DESCRIPCIÓN DETALLADA

En relación con el contenido introducido en la primera sesión, se enlazaría y continuaría con parte del material allí expuesto en esta sesión. De acuerdo con las respuestas obtenidas en la sesión anterior, especialmente las correspondientes a las preguntas 1-5 y 13, el contenido de esta sesión se reforzaría o ampliaría según las carencias, en cuanto al contenido se refiere, encontradas en los estudiantes.

En el caso de encontrarse ideas alternativas relacionadas con la naturaleza del sonido, su emisión y/o propagación se llevarían a cabo dos actividades muy sencillas



relacionadas con estos contenidos con el fin de modificar estas ideas. A continuación se describirán muy brevemente.

Tal y como se ha expuesto anteriormente, dado que el sonido es un tipo de onda considero fundamental y necesario comenzar el proyecto por aquí. Es decir, en definir que es una onda, que tipo de ondas existen, que tipo de onda es el sonido y otros conceptos que a continuación se enumeran relacionados con aquella.

De este modo, el profesor para introducir este tema describiría y explicaría los siguientes conceptos:

1) Qué es una onda, tipos de onda y propagación del sonido.

1.1. Con el fin de entender mejor los conceptos introducidos por el profesor, los alumnos usarían durante estas explicaciones los siguientes recursos de internet orientados a mejorar la comprensión de los alumnos sobre el sonido, que tipo de onda es y cómo se propaga:

~ [http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing\\_ond\\_1/trabajos\\_05\\_06/i02/public\\_html/sonido.html](http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_05_06/i02/public_html/sonido.html)

~ [http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio//3000/3212/html/11\\_propagacin\\_del\\_sonido.html](http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio//3000/3212/html/11_propagacin_del_sonido.html) (\*)

1.2. Con el fin de que los estudiantes tengan claro que en una onda sólo hay transporte de energía y no de materia y se trabaja con la siguiente applet: [http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/56\\_ondas/index.htm](http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/56_ondas/index.htm)

1.3. Para confirmar que el sonido necesita un medio para transportarse se usa la siguiente applet que explica lo que ocurre al hacer vacío y una vez que se vuelve a introducir aire: <http://phet.colorado.edu/en/simulation/sound>. Con este mismo propósito también se puede usar la applet marcada con un asterisco.

**DEFINICIÓN DEL SONIDO:** El sonido es la sensación percibida por el oído debida a las variaciones rápidas de presión en el aire. Desde el punto de vista físico consiste en la vibración mecánica de un medio elástico (gaseoso, líquido o sólido) y la propagación de esta vibración a través de ondas.

- 2) Ecuación de las ondas armónicas:  $y = (x, t) = A \cdot \cos(\omega t + \phi)$
- 3) Magnitudes características de las ondas, fórmulas asociadas y representación: longitud de onda, la frecuencia, el periodo, la amplitud (que sólo depende de la energía que propaga la onda), la velocidad de propagación (que depende únicamente de las propiedades del medio) y número de ondas.
- 4) Energía e intensidad asociadas a una onda

Esta introducción está diseñada teniendo en cuenta la sesión anterior donde el profesor, a través de las cinco primeras preguntas que se formularon en la sesión, introdujo parte del contenido de esta sección. De este modo los alumnos podrán revisar y reestructurar sus conocimientos teniendo en cuenta las respuestas que dieron y las nuevas explicaciones del profesor.

## DEMOSTRACION BREVE Y SENCILLA SOBRE LA NATURALEZA Y PROPAGACIÓN DEL SONIDO (relacionadas con las ideas previas que pudieran tener los alumnos):

- 1) Con este fin y también para reforzar el contenido visto en esta sesión se haría uso del siguiente recurso disponible en las Salas del Museo Virtual de la Ciencia del CSIC: <http://museovirtual.csic.es/salas/acustica/sonido1/ini.htm>
- 2) En relación con las posibles ideas previas sobre la propagación del sonido, se llevaría a cabo esta sencilla demostración que permite su visualización:

Consiste en coger una pelota pequeña de plumavit a la que se le ha unido un trozo de hilo y se sujeta a un extremo del tambor. A una distancia de unos 30 cm otra persona golpea otro tambor, tocándolo de distintas maneras (variando el ritmo, con mayor o menor fuerza, de diferente ángulo, etc.) y se observa lo que pasa ¿Cómo es el movimiento de la pelota de plumavit?

Con esta demostración los alumnos deben concluir que el sonido es una onda que se propaga en un medio elástico (el aire en esta ocasión). Al ser evidente que no hay un contacto físico entre ambos tambores, deberían explicar que no existe transporte de materia, pero sí de energía.

Por último, es importante que en esta etapa los alumnos comparen sus respuestas dadas en la sesión anterior, con sus ideas previas relacionadas con los contenidos que aquí se han tratado.

### Problemas sobre ondas:

---

Una onda armónica que viaja en el sentido positivo del eje x tiene una amplitud de 8 cm, una longitud de onda de 20 cm y una frecuencia de 8.0 Hz. El desplazamiento transversal en  $x = 0$  para  $t = 0$  es 10 cm. Calcula:

- a) El número de ondas y la longitud de onda
- b) El periodo y frecuencia angular
- c) La velocidad de fase de la onda
- d) La ecuación de onda

La ecuación de una onda viene dada por la expresión  $y(x,t) = 0,5 \cdot \cos(10\pi t - \pi x)$  en el SI.

- a) Calcula la diferencia de fase que existirá entre dos puntos del medio de propagación separados por una distancia de 0,25 m.
- b) ¿Con que velocidad se propaga la onda?
- c) ¿Cuánto tiempo tarda la onda en recorrer la distancia que separa los dos puntos citados?

Una onda se propaga con una velocidad de 20 m/s y una frecuencia de 50 Hz. Escribe la ecuación de esta onda sabiendo que su amplitud es de 0.5 m.

Un oscilador produce ondas circulares en un estanque a intervalos regulares de tiempo. Si hacemos que el oscilador produzca el triple número de ondas por segundo:

- a) ¿Se triplica el periodo?
- b) ¿Se triplica la frecuencia?
- c) ¿Se triplica la longitud de onda?
- d) ¿Las ondas se propagan con triple velocidad?

Una onda ha experimentado una absorción del 20 % al recorrer una distancia de 10 cm ¿Qué distancia debe recorrer para que la intensidad de la onda se reduzca a la mitad?

Una onda viene dada por la ecuación en el SI:  $y(x,t) = 2\cos(\pi/2 \cdot t + x\pi/0.80)$

Calcula:

- a) El carácter de la onda y su velocidad de propagación
- b) La diferencia de fase para dos posiciones de la misma partículas cuando el intervalo de tiempo transcurrido es de 2 s
- c) La diferencia de fase en un instante dado de dos partículas separadas 120 cm en el sentido de avance de la onda

## TERCERA SESIÓN

### ACTIVIDADES DE DESARROLLO: Estudio cualitativo de algunas propiedades del sonido: PRIMERA PARTE: REFLEXIÓN DEL SONIDO Y APLICACIONES ASOCIADAS A ESTE FENÓMENO

#### OBJETIVOS

- ✓ Deducir y comprobar la ley de reflexión del sonido.
- ✓ Comprobar si las magnitudes se modifican con esta propiedad
- ✓ Demostrar como este fenómeno cambia dependiendo de las superficies en las que incida el sonido.
- ✓ Descubrir las características de los materiales absorbentes
- ✓ Conocer algunas cualidades acústicas de una sala

#### CONTENIDOS

Ley de Snell, reflexión, difracción, (refracción), eco, reverberación, acústica de salas, interferencias, materiales absorbentes, aplicaciones de la reflexión: sonar, ecógrafo, radar, ecolocalización.

Los contenidos que se van a tratar en esta actividad están directamente o íntimamente relacionados con la reflexión o bien con las aplicaciones de este fenómeno. Por este motivo se han querido tratar en la misma actividad.

## IDENTIFICACIÓN DE LAS DIFICULTADES

El trabajo de Medida y Ramirez (2016) concluye que alumnos universitarios de carreras de ciencias de la salud mostraban ideas previas en relación a la reflexión. En concreto, los estudiantes muestran que existe confusión en cuanto a las características (frecuencia, periodo, longitud de onda, etc) que se ven modificadas en la reflexión y que el tono del sonido también se ve modificado al reflejarse.

Por otro lado, no conocen la distancia mínima necesaria para que se produzca el eco y el fenómeno de la reverberación es prácticamente desconocido.

Conocidas estas premisas y dado que este fenómeno está tan presente, me parece sugestivo incluir una actividad que trate esta propiedad del sonido y además porque tiene interesantes aplicaciones como el sónar, el ecógrafo y el radar.

Las dificultades asociadas a esta propiedad creo que deben proceder también de las ideas previas que tengan los alumnos, puesto que el eco y la reflexión son propiedades que, con toda seguridad por su proximidad, han percibido. Estas ideas previas quizás sean las mismas o al menos algunas de ellas que las descritas por Medina et al. Esta propiedad, en teoría, se estudia en 2º ESO, de modo que cabe esperar que la conozcan.

Con el fin de identificar estas u otras ideas previas que aquí se han descrito, tanto antes como una vez realizada la actividad se comprobará si los alumnos también presentan estas ideas previas o bien si con esta actividad se han modificado.

## DURACIÓN

Las actividades planteadas en este apartado se desarrollarían en una sesión de clase (50 min).

## METODOLOGÍA

Se usaría una metodología de aprendizaje activa, basada en la indagación y llevada a cabo mediante preguntas y experiencias sencillas donde se daría entero protagonismo al alumno.

## DESCRIPCIÓN

Con el fin de conocer las ideas alternativas sobre esta propiedad al comenzar la clase y antes de comenzar la actividad el profesor preguntaría a los alumnos las siguientes cuestiones:

- ¿En qué consiste la reflexión, el eco y la reverberación?
- ¿Si un sonido se refleja, entonces se escucha más agudo, más grave o igual que el sonido original?
- ¿Cuál de las siguientes características del sonido cambia cuando éste se refleja: frecuencia, periodo, longitud de onda, intensidad, velocidad de propagación, dirección de propagación? En caso de existir este cambio, ¿en qué consiste?

Tras una breve discusión en pequeño grupo y puesta en común con la clase se procede a realizar las actividades en pequeños grupos (4-5 personas), que consisten en lo siguiente:

### ACTIVIDAD A: LEY DE SNELL

Comprobar y demostrar a través de un sencillo experimento que se cumple la ley de la reflexión (ley de Snell) que dice que el ángulo con respecto a la normal con el que la onda sonora rebota a mayor amplitud es el mismo que el incidente.

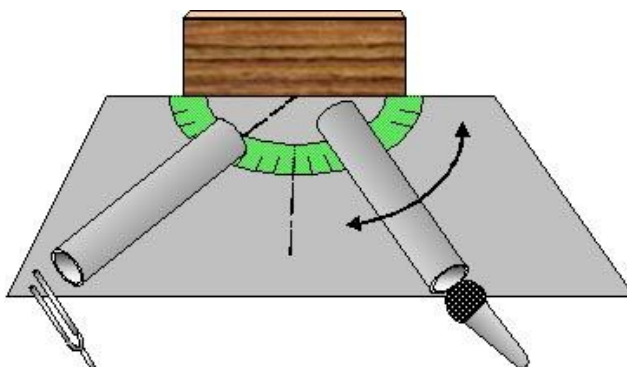
#### MATERIAL:

Cartulina con diferentes ángulos dibujados (con raya horizontal en el centro que indique la normal a la superficie de reflexión, ángulo de  $45^\circ$  por un lado y por el otro ángulos de  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$  y  $90^\circ$  con respecto a la normal), tubos de PVC u otro material de unos 25 cm de largo y unos 4 de diámetro. Diapasón. Ordenador con software que simule un osciloscopio o programa Audacity.

#### PROCEDIMIENTO:

- 1) Se pega un tubo a  $45^\circ$  sobre la cartulina y a una distancia de la superficie de reflexión de 7 cm (que canaliza el tono que emitiremos) y el otro se va moviendo en las diferentes posiciones marcadas.
- 2) Primero se graba el sonido emitido por el diapasón y se anota lo que muestra el osciloscopio.
- 3) En cada una de las posiciones se golpea el diapasón a la vez que se coloca en el extremo del tubo móvil un micrófono conectado a un osciloscopio virtual o bien un software que lo simule en el que quede registrado y grabado el sonido que emite el diapasón. Para las paredes reflectantes, en esta actividad, se utiliza una superficie lisa de cartón. Anota todo lo que observes y lo que muestre el osciloscopio y se compara con lo que se ha grabado en el paso 2).
- 4) Esta misma comprobación se realiza escuchando directamente por el extremo del tubo móvil. De nuevo anota las diferencias que encuentres en cada una de las posiciones con respecto a lo que se está escuchando

(En este experimento no se tendrá en cuenta las propias reflexiones que se producen dentro del tubo)



**PREGUNTAS POSTERIORES:**

¿Qué has observado? ¿Cuándo el sonido es muy bajo? ¿Cuándo se oye perfectamente? ¿Qué puedes concluir?

¿Cambia el tono del sonido reflejado? ¿Se modifica alguna de las magnitudes de la onda reflejada? (\*)

¿Se modifica alguna de las características del sonido cuando éste se refleja?

¿Por qué es necesaria una distancia mínima de 17 metros entre el emisor y el obstáculo para que se produzca el eco?

(\*) Estas preguntas se pueden contestar tras realizar la sesión número cinco

Tras la experimentación y la resolución de las preguntas anteriores el profesor explica lo siguiente:

Una onda se refleja ("rebota" al medio del cual proviene) cuando se encuentra con un obstáculo que no puede traspasar ni rodear. Algunos ejemplos de ello son el eco, reverberación, etc.

El tamaño del obstáculo y la longitud de onda determinan si una onda rodea el obstáculo o se refleja en la dirección de la que provenía. Si el obstáculo es pequeño en relación con la longitud de onda, el sonido lo rodeará (difracción), en cambio, si sucede lo contrario, el sonido se refleja (reflexión).

La reflexión no actúa igual sobre las altas frecuencias que sobre las bajas.

Cuando una onda llega a la superficie de separación entre dos medios de propagación distintos entonces se produce la difracción.

## ACTIVIDAD B: CAPACIDAD REFLECTORA DE DIFERENTES MATERIALES

**MATERIAL:**

Flauta dulce, distintos materiales con propiedades de absorción diferentes de unos 20 cm de largo por unos 10 cm de alto: trozos de metal, cristal, azulejo, madera, cartón, corcho, lana y material poroso usados en el aislamiento acústico, ordenador con software que simule un osciloscopio o programa Audacity.

**PROCEDIMIENTO:**

- 1) Usando el mismo montaje que en el experimento anterior, se fijan ambos tubos en un ángulo de 45°.
- 2) Se mide y registra la amplitud del sonido emitido, esta vez, por una flauta dulce (tocando la misma nota todo el rato) que se refleja en distintos materiales usando el osciloscopio virtual.
- 3) Se comparan los diferentes materiales y se determina cuál/es de ellos refleja mejor el sonido y cual/es lo absorben mejor. Se elabora una lista.



## PREGUNTAS POSTERIORES

¿Qué características comparten los materiales que absorben mejor el sonido? ¿Y los que lo reflejan mejor?

Tras acabar las actividades los alumnos revisan las preguntas preliminares y vuelven a contestarlas con la información que han aprendido.

Tras una puesta en común en la que el profesor guiará las respuestas dadas por los alumnos y tratará de que ellos mismos lleguen a unos razonamientos adecuados, pasará a explicar brevemente cuándo un sonido se refleja o se difracta, la diferencia entre el eco y la reverberación y el problema importante que surge de la reflexión de las ondas sonoras a la hora de estudiar la acústica de las salas de concierto y los auditorios.

## SINTESIS DE LO APRENDIDO

---

Si el diapasón se hace sonar igual en todos los casos, claramente se distinguen materiales que reflejan muy bien el sonido, como el azulejo, los metales, etc, y otros que lo absorben.

Como principio general, los objetos lisos, pesados y rígidos son reflectantes, mientras que los rugosos y porosos son absorbentes. Los materiales que contienen aire en su interior, es decir porosos, son los que absorben mejor el sonido y lo atrapan.

Hay diversos factores que intervienen e influyen en la reflexión. El más importante es el material del que está constituido el objeto con el que choca, provocando reacciones muy diferentes, ya que las ondas sonoras pueden ser absorbidas por determinados materiales o producir reflexiones que en ciertos casos pueden ser beneficiosas, ya que vienen a reforzar el sonido directo, y en otros “perjudiciales”, ya que van a producir fenómenos de reverberación y eco. En este sentido, las salas se construyen de forma que su tiempo de reverberación sea el adecuado para el uso que se les va a dar

También se pueden producir interferencias, resultado de una onda proveniente de la fuente sonora y una reflexión de la misma que viaja en la misma dirección. Esto produce un patrón de onda estacionaria. Así, existirán puntos en el espacio de mínima amplitud (nodos) y puntos de máxima amplitud (antinodos). En estas condiciones la escucha es defectuosa. Por esta razón, en muchos espacios cerrados dedicados a la audición se evitan los planos paralelos como forma de prevenir este tipo de interferencia.

La diferencia entre eco y reverberación está marcada por la diferencia de tiempo que existe entre la percepción del sonido directo y el sonido indirecto. Cuando el sonido indirecto llegue al sistema auditivo antes de 0,1 s desde que fue percibido el sonido que provoca las reflexiones, nos encontraremos ante el fenómeno de reverberación, mientras que si el sonido indirecto reflejado tarda más de 0,1 s se interpreta como un eco por parte del sistema auditivo. Dada que la velocidad del sonido es aproximadamente de 340 m/s, llegaremos a la conclusión de que cualquier pared, fachada u objeto reflectante de grandes dimensiones que se encuentre a más de 17 metros de la fuente sonora puede ser causa de eco.

## APLICACIÓN CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA: sonar, ecógrafo, radar

---

(Estas aplicaciones también se basan en otro fenómeno, el efecto Doppler que se verá en la siguiente sesión)

- El sónar: es un sistema de cálculo de distancias y localización de objetos que trabaja con ultrasonidos. Se trata de un aparato que llevan algunos barcos y que emite sonidos hacia el fondo marino y recoge el eco producido por un obstáculo o por el fondo. Conociendo la velocidad del sonido en el agua marina y el tiempo que tarda en reflejarse el sonido, se calcula la distancia a la que se encuentra el obstáculo o el fondo. Para barcos pesqueros tiene utilidad en la localización de bancos de peces.
- El ecógrafo: El ecógrafo envía ultrasonidos a distintas partes del cuerpo que penetran más o menos y se desplazan a mayor o menor velocidad dependiendo de la densidad de los tejidos. Se recoge el eco de esos ultrasonidos cuando chocan contra el órgano que se quiere estudiar. La señal recibida se transforma en una señal eléctrica, y ésta se transforma en una imagen en la pantalla.
- El radar: Su funcionamiento se basa en emitir una onda que se refleja en el objetivo y se recibe típicamente en la misma posición del emisor. A partir de este "eco" se puede extraer gran cantidad de información.
- Ecolocalización: La ecolocalización es el uso de ondas sonoras y eco para determinar la ubicación de objetos en el espacio. Los murciélagos usan la ecolocalización, en este caso en forma de ultrasonidos, para detectar obstáculos y orientarse cuando vuelan. Así localizan a sus presas. Gracias al eco le indica donde están y el tamaño que tienen. Los delfines emplean ultrasonidos para comunicarse entre ellos.

## INVESTIGAR EN CASA

- ✓ Acústica arquitectónica. Lee el contenido de los siguientes enlaces sobre el diseño de auditorios: <http://www.ia2.es/salas/> y <http://www.ehu.eus/acustica/espanol/salas/casles/casles.html>, realiza el cuestionario y señala qué factores se tienen en cuenta a la hora de su construcción. ¿Cuáles son las seis mejores salas de concierto? ¿Qué características muestran y/o comparten? ¿Por qué son las mejores?
- ✓ Investiga qué materiales se usan principalmente en los edificios públicos para absorber el sonido.
- ✓ La reflexión no actúa igual sobre las altas frecuencias que sobre las bajas ¿Por qué?
- ✓ Galerías de susurros: <http://enriquealexandre.es/2011/10/25/galerias-de-los-susurros/> y <http://proacustica.es/?p=5753>

“Las galerías de los susurros son curiosidades acústicas que se producen en recintos abovedados o con paredes con forma cóncava. El efecto que se produce es que cuando una persona susurra en un punto de la sala, este susurro es apenas audible para puntos cercanos a este hablante, pero un oyente situado en ciertos puntos de la sala será capaz de escuchar perfectamente el sonido emitido”. El típico ejemplo de este tipo de salas es la catedral de San Pablo de Londres. En España podemos encontrar ejemplos de este fenómeno en la galería de los secretos del Monasterio del Escorial o la sala de los secretos de la Alhambra de Granada.

---

**REFORZAR:**

Ciencia acústica: <https://www.youtube.com/watch?v=mDs1dxnmrTI>

---

---

## CUARTA SESIÓN

---

**ACTIVIDAD DE DESARROLLO:** Estudio cualitativo de algunas propiedades del sonido: **SEGUNDA PARTE: INTERFERENCIAS Y EFECTO DOPPLER.**

### ACTIVIDAD A.1: INTERFERENCIAS

#### OBJETIVOS

- ✓ Conocer el fenómeno de la interferencia acústica a través de la experimentación mediante un tubo de Quincke *casero*.
- ✓ Demostrar que el sonido es un fenómeno ondulatorio.

#### CONTENIDOS

Interferencias, principio de superposición y ecuación resultante, onda coherente, interferencia constructiva, interferencia destructiva.

En esta actividad únicamente se tratan contenidos que tienen que ver directamente con el fenómeno de las interferencias.

#### IDENTIFICACIÓN DE LAS DIFICULTADES

En principio, no se observan dificultades relacionadas con esta actividad.

#### DURACIÓN

Todas las actividades tratadas en esta sección se llevarían a cabo en una sesión de clase (50 min).

#### METODOLOGÍA

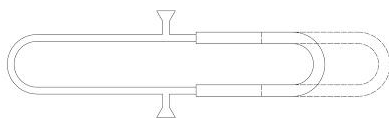
De nuevo, se usaría una metodología de aprendizaje activa, basada en la indagación y llevada a cabo mediante preguntas y experiencias sencillas.

#### DESCRIPCIÓN DETALLADA

Esta actividad se realizaría en clase en pequeños grupos (4-5 personas aprox)

El tubo de Quincke es un dispositivo que permite crear el fenómeno de la interferencia en el sonido.

La siguiente figura nos muestra esquemáticamente su diseño. Básicamente son dos tubos en “U” unidos donde una de las “U” es móvil (a modo de la varilla de un trombón) con una entrada y una salida de sonido colocadas en las TEE de ambos tubos (marcadas con flechas rosas).



Dado que no se dispone de mucho tiempo y no aporta ningún contenido didáctico, el tubo de Quincke *casero* se daría ya montado a los alumnos.

#### MATERIAL:

Tubo de Quincke casero, flauta, micrófono acoplado a un ordenador que contenga un osciloscopio virtual o bien programa Audacity que registre y permita visualizar el sonido emitido.

#### PROCEDIMIENTO:

Antes de comenzar la experiencia el profesor preguntará a los alumnos:

¿Qué creéis que va a pasar con el sonido conforme vayamos moviendo el tubo desde su posición inicial? ¿Se va a modificar en algo el sonido?

Tras una breve puesta en común los alumnos proceden a desarrollar la actividad, para ello:

1. Se toca una nota grave de la flauta por la TEE de entrada y se coloca el micrófono en el otro extremo libre. Se graba y observa el sonido obtenido. (Para minimizar “la fuga” de sonido por la TEE de entrada, taparemos la boca de entrada de la TEE con la palma de mano o con un tapón de trapo).
2. Se va sacando el tubo móvil poco a poco registrando el sonido hasta que el tono disminuya su intensidad lo más bajo posible.
3. A continuación, se realiza la operación inversa sacando el tubo lentamente. A lo largo del recorrido, se nota que el tono va aumentando de intensidad hasta un máximo.
4. Se realiza el mismo experimento con otros valores de frecuencia (sonidos agudos).  
¿Hay alguna modificación en los resultados obtenidos?

Con esta primera experiencia descubren el efecto de la interferencia destructiva y constructiva en el sonido.

Tras realizar la experiencia, el profesor preguntará a los alumnos, *¿Qué crees que está sucediendo? ¿Qué explicación le das?*

Después de observar las respuestas y tratar de guiarlas, el profesor explicará el concepto de interferencia, el principio de superposición junto con la ecuación de ondas resultante y los dos estados extremos que se producen cuando las ondas interfieren, la interferencia constructiva y destructiva.

#### SINTESIS DE LO APRENDIDO:

---

En este dispositivo la onda sonora proporcionada por una flauta se divide en dos componentes coherentes que se propagan en sentidos opuestos, recorriendo caminos de igual o de distinta longitud (dependiendo de la posición del brazo móvil). Si el recorrido es el mismo para ambos ramales entonces en la ranura de salida percibiremos al tono a su máxima intensidad (interferencia constructiva) si vamos sacando el tubo móvil poco a poco se nota que la intensidad del sonido disminuye hasta un mínimo, esto ocurre porque las ondas sonoras que se desplazan por el tubo móvil tienen que realizar un recorrido mayor, de manera que al llegar a la ranura de salida, las ondas de un ramal con respecto al otro están desfasadas, anulándose mutuamente parcial o totalmente (interferencia destructiva). En estos puntos de *salida* ambas ondas se superponen definiendo un patrón de interferencia que el micrófono transforma en una señal eléctrica que podemos visualizar mediante un osciloscopio. Dicho patrón de interferencia viene determinado por la superposición de dos ondas de igual frecuencia,  $\omega$ , y número de ondas,  $k=2\pi/\lambda$ , que se propagan en sentidos opuestos.

Al modificar la frecuencia se observa el mismo comportamiento, de manera que los alumnos pueden deducir de la experiencia que efectivamente el sonido es un fenómeno ondulatorio.

#### APLICACIÓN:

---

Tecnológicamente este experimento permite plantear la posibilidad de realizar “silenciadores” sintonizados para reducir los niveles de ruido en muchas instalaciones industriales como las centrales hidráulicas, ventiladores y motores de combustión interna entre otros.

#### REFUERZO:

---

[http://laplace.us.es/wiki/index.php/Superposici%C3%B3n\\_de\\_ondas](http://laplace.us.es/wiki/index.php/Superposici%C3%B3n_de_ondas)

#### PROBLEMAS:

---

\* Dos ondas iguales de ecuación  $y(x,t) = 0.5 \cdot \cos(40\pi t - 4\pi x)$  se propagan por el mismo medio. Calcula:

- Escribe la onda que resulta de la interferencia de las ondas anteriores.
- El resultado de la interferencia de estas ondas en un punto que dista  $x_1 = 0.25$  m del foco emisor de la primera y  $x_2 = 0.5$  m del centro emisor de la segunda.

\* ¿En una interferencia se destruye la energía que propagan las ondas? Razona tu respuesta

## ACTIVIDAD A.2: UN CASO ESPECIAL DE INTERFERENCIA: LOS BATIDOS

### OBJETIVOS

✓ Comprobar el resultado de la interferencia de dos ondas, en el caso de que tengan frecuencias muy próximas.

### CONTENIDOS

Interferencia, batidos o pulsaciones.

### IDENTIFICACIÓN DE DIFICULTADES

En principio, no se observan dificultades relacionadas con esta actividad.

### DURACIÓN

Todas las actividades tratadas en esta sección se llevarían a cabo en una sesión de clase (50 min).

### METODOLOGÍA

La metodología usada es similar a las anteriores. Se basa en la indagación, en preguntas previas, durante y posteriores a la experimentación y en una aplicación real.

### DESCRIPCIÓN DETALLADA

Esta actividad junto con las otras dos se llevarían a cabo en el aula de clase.

### MATERIAL

Programa Audacity, micrófono conectado al ordenador, címbalos tibetanos y dos diapasones.

### PROCEDIMIENTO:

- 1) Los alumnos tocan los címbalos tibetanos (con frecuencias ligeramente diferentes). Se les pide que intenten razonar lo que registra el ordenador.
- 2) Repiten el experimento pero ahora con los diapasones: colocando los dos diapasones (de la misma frecuencia) juntos se golpea uno y se observa y anota lo que sucede. Luego se repite el procedimiento, pero esta vez golpeando con el martillito ambos diapasones de modo que sus sonidos se superpongan. Escucha



con atención y describe lo que ocurre con el sonido, observando el resultado en la pantalla.

- 3) Construye un anillo pequeño con la plastilina, para luego poner en uno de los diapasones. Repite el procedimiento anterior, golpeando con el martillito ambos diapasones de modo que sus sonidos se superpongan. Escucha con atención, describe y anota lo que ocurre con el sonido.
- 4) Varía la posición de la plastilina (hacia arriba y hacia abajo). Repite el paso anterior y anota lo que ocurre.

## PREGUNTAS POSTERIORES

¿Qué diferencias escuchas cuando no hay y hay un trozo de plastilina en uno de los diapasones (paso 2) y 3), respectivamente)?

Y cuando se tocan los dos diapasones y los dos címbalos? ¿Cómo lo percibe tu oído?

¿Qué explicación se te ocurre?

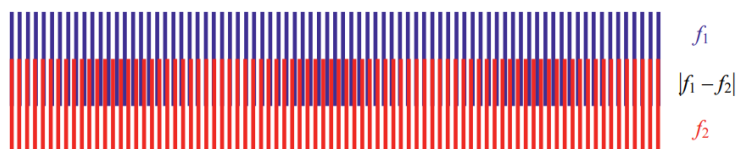
¿A qué conclusiones llegas?

Tras una pequeña puesta en común, el profesor trata de guiar al grupo para que intenten llegar a explicar lo que está sucediendo. Tras lo cual puede definir este efecto denominado batido, que se produce como consecuencia de la interferencia entre dos sonidos de frecuencias muy similares.

El efecto sonoro es que el volumen de los sonidos sube y baja. Estas rápidas y periódicas variaciones de volumen se llaman batidos o pulsaciones. El oído humano solo los percibe cuando las frecuencias de las dos ondas son muy parecidas, ya que en el resto de los casos la amplitud varía demasiado rápidamente para que el oído las distinga.

## SINTESIS DE LO APRENDIDO

La percepción de batidos por el oído cuando le llegan simultáneamente dos ondas sonoras de frecuencias muy próximas se ilustra en el siguiente esquema, donde se representan los frentes de onda correspondientes a ambos sonidos. A intervalos regulares las ondas se encuentran en fase o en oposición, representadas respectivamente por las regiones claras y oscuras de la franja central. Esto provoca la aparición de altibajos en la intensidad sonora percibida por el oído.



La interferencia alternante constructiva o destructiva, hace que el sonido sea suavizado o elevado (fenómeno llamado "batimiento" o producción de batidos). La frecuencia de batido es igual al valor absoluto de la diferencia en frecuencia de las dos ondas.

---

## APLICACIÓN-PARA INVESTIGAR EN CASA:

---

Afinación de los instrumentos de cuerda en la orquesta antes de un concierto: ¿Cómo lo hacen los músicos sin necesidad de recurrir a ningún afinador digital?

La ausencia de batidos puede ser utilizada como criterio para la correcta afinación de una nota en un instrumento musical. La afinación exige que la frecuencia de la nota en el instrumento sea igual a la frecuencia de referencia de dicha nota, que puede ser proporcionada por un diapasón. Para ello basta con ajustar la frecuencia de la nota en el instrumento a la del diapasón hasta oír el mismo sonido pero más intenso. Una pequeña desviación en frecuencia, respecto a la de referencia, da lugar a la percepción de pulsaciones.

---

## REFUERZO

---

<https://www.youtube.com/watch?v=4X0cOF2qAKI> (hasta min 3.15)

### Actividad B: EFECTO DOPPLER

#### OBJETIVOS

- ✓ Comprobar *in situ* el fenómeno del efecto Doppler y descubrir en qué consiste a través de una sencilla demostración.
- ✓ Conocer las frecuencias correspondientes a este fenómeno dependiendo de los diferentes casos (observador en movimiento y fuente en reposo, observador en reposo y fuente en movimiento y fuente y observador en movimiento)
- ✓ Reconocer situaciones cotidianas en las que se produce el efecto Doppler.

#### CONTENIDO

Efecto Doppler, cálculo de las variaciones de frecuencia asociadas a este fenómeno.

#### IDENTIFICACIÓN DE LAS DIFICULTADES

En principio, no se observan dificultades relacionadas con esta actividad.

#### DURACIÓN

Las actividades tratadas en esta sección se llevarían a cabo en una sesión de clase (50 min).

#### METODOLOGÍA

Se hace uso de una metodología similar a las anteriores, basada en el aprendizaje mediante la observación y la experimentación

#### DESCRIPCIÓN DETALLADA

De nuevo, esta actividad se desarrollaría en clase en pequeños grupos (4-5 personas aprox).

#### MATERIAL:

Diapasón de 1000 Hz. Cuerda de 1,80 m de largo

#### PROCEDIMIENTO:

- 1) Se ata bien la cuerda al diapasón, se hace vibrar y entonces se gira rápidamente, con ayuda de la cuerda, por encima de la cabeza (el observador es el que hace girar el diapasón, la fuente se mueve). Describe y anota lo que escuchas.
- 2) Se repite un procedimiento análogo pero ahora haciendo girar el diapasón encima de una silla de modo que el/los observador/es pueda/n acercarse y alejarse a una mayor distancia de la fuente. De nuevo se describe y anota lo que se escucha.
- 3) El observador permanece quieto mientras que la fuente se acerca y aleja a una mayor distancia a la vez que hace girar rápidamente el diapasón.

#### PREGUNTAS POSTERIORES:

¿Qué conclusiones sacas sobre lo que acabas de experimentar?

¿Qué ejemplos conoces en los que hayas observado este fenómeno?

¿Cómo se modifica el sonido en cada una de las situaciones?

Primero estas preguntas se trabajan brevemente en el grupo y después se hace una pequeña puesta en común, dónde de nuevo el profesor hará de guía para conducir a los alumnos a los razonamientos y conclusiones adecuadas.

Con esta sencilla demostración los alumnos pueden comprobar que si hacen girar el diapasón perciben el sonido alternativamente más agudo y más grave durante el giro. Cuando el diapasón se acerca a la posición del receptor, el sonido se nota más agudo, mientras que cuando se aleja del receptor el sonido se percibe más grave. El resultado son altibajos en la frecuencia percibida.

Por último el profesor, deducirá junto con los alumnos las diferentes ecuaciones matemáticas que permiten calcular la frecuencia percibida en las diferentes situaciones.

#### SÍNTESIS DE LO APRENDIDO:

La frecuencia percibida por el receptor de un sonido emitido por un foco sonoro depende de la velocidad relativa entre ambos. Cuando el foco sonoro se aproxima al receptor, el sonido percibido por éste se escucha más intenso y más agudo. Por el contrario, cuando el foco sonoro se aleja del receptor, el sonido percibido por éste se escucha menos intenso y más grave. Este fenómeno se conoce como efecto Doppler.

La relación entre la frecuencia emitida  $f$  y la frecuencia percibida  $f'$  viene dada por:

$$f' = f * [(v \pm v_R) / (v \pm v_F)]$$

Para la elección de signos se tiene en cuenta que la frecuencia aumenta cuando el foco se acerca al receptor o cuando éste se acerca al foco.

#### APLICACIONES:

---

(Estas aplicaciones no se comentan porque ya han sido vistas en la primera parte de la anterior sesión)

- Radar
- Medida de la velocidad relativa de las estrellas y galaxias
- Sonar
- La ecolocalización
- La ecocardiografía

#### REFUERZO:

---

Este enlace <http://labvirtual.webs.upv.es/Doppler.html> conduce a una applet que permite comprender, tanto cualitativa como cuantitativamente, el efecto Doppler y percibir cómo afectan a la frecuencia percibida por un observador las distintas combinaciones de valor y sentido de las velocidades de dicho observador, de la onda, y de la fuente que la genera.

#### PROBLEMAS:

---

- 1) Un tren que se mueve con una velocidad de 40 m/s hace sonar su silbato con una frecuencia de 500 Hz. Calcula las frecuencias escuchadas por un observador en reposo a medida que el tren se le aproxima y una vez que se aleja, suponiendo que la velocidad del sonido en el aire es 340 m/s.
- 2) Una ambulancia viaja por una autovía con una velocidad de 40 m/s. Su sirena emite un sonido con una frecuencia de 400 Hz. ¿Con que frecuencia escucha la sirena un observador que viaja a 25 m/s en sentido contrario?
  - a) Cuando se aproxima la ambulancia
  - b) Cuando se aleja de ella

## QUINTA SESIÓN

---

### Actividad de desarrollo: PRÁCTICA DE LABORATORIO: CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DEL SONIDO EN EL AIRE Y EN SÓLIDOS

#### OBJETIVOS

- ✓ Determinar la velocidad del sonido en el aire y el coeficiente adiabático del mismo y en dos sólidos a través de dos experiencias diferentes.

- ✓ Evidenciar el fenómeno de la resonancia.
- ✓ Reforzar concepto de que las ondas necesitan un medio material para propagarse.

## CONTENIDOS

Velocidad del sonido en diferentes medios (sólido, líquido y gas), ecuaciones de velocidad, resonancia en tubos (en concreto, tubo abierto por uno de sus extremos y cerrado por el otro).

## DURACION

Para llevar a cabo esta actividad se necesitaría aproximadamente 1h y 20 min para lo cual sería necesario coger un trozo de recreo además de la sesión de clase o llevarla a cabo a última hora de la mañana.

## METODOLOGÍA

Esta actividad se desarrollaría en el laboratorio. Se trata de una práctica de laboratorio

## DESCRIPCIÓN DETALLADA

Al ser una práctica de laboratorio, en esta actividad no se ha incluido ninguna descripción adicional, salvo el guion de la práctica que se encuentra en el Anexo 12.

Preguntas previas al desarrollo de la práctica:

¿Dónde crees que será mayor la velocidad del sonido, en un gas, líquido o sólido?  
¿Conoces la velocidad del sonido en el aire? ¿Cómo se te ocurre que podrías calcularla?

Según lo que vimos en la segunda sesión de clase, ¿un astronauta puede oír en el espacio?  
¿Por qué sí o no?

## REFUERZO

---

Con la siguiente applet los alumnos comprueban que efectivamente la velocidad de propagación de una onda depende del medio material por el que se propaga: [http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/3000/3212/html/12\\_velocidad\\_del\\_sonido.html](http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/3000/3212/html/12_velocidad_del_sonido.html)

## SEXTA SESIÓN

---

Actividad de desarrollo. PERCEPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL SONIDO

## OBJETIVOS

- ✓ Conocer cómo oímos.
- ✓ Reconocer las cualidades del sonido.
- ✓ Comprender la relación entre las características del sonido con los conceptos ondulatorios y relacionarlos con su representación gráfica.
- ✓ Conocer la escala de medición de la intensidad sonora y su unidad.
- ✓ Analizar la intensidad de las fuentes de sonido de la vida cotidiana y relacionarlas con la contaminación acústica.
- ✓ Tomar conciencia y valorar los efectos de la contaminación acústica

## CONTENIDOS

El oído humano; umbrales de audición; ultrasonidos; cualidades del sonido: tono, timbre, intensidad/volumen; propiedades físicas de las ondas: amplitud de onda, frecuencia y longitud de onda; sonoridad, escala de intensidad, atenuación, absorción, ruido, contaminación acústica.

Hablar de sonido ineludiblemente implica conocer, al menos mínimamente, por su importancia, el funcionamiento de uno de nuestros sentidos, el oído. Por eso se ha querido incluir su estudio en este proyecto. Además se ha querido hacerlo incorporándolo en esta sesión junto con las características del sonido porque aquellas son las que percibimos o escuchamos y por tanto se encuentran relacionados de alguna manera. Por último, es importante que los alumnos conozcan la relación que existe entre las magnitudes físicas asociadas a las ondas y las características del sonido. Los contenidos que en esta sesión se trabajan están relacionados con todo esto.

## IDENTIFICACIÓN DE LAS DIFICULTADES

Como se ha comentado previamente, las dificultades podrían proceder de las ideas previas de los alumnos. Así, Saura y de Pro (1999) sugieren que algunos estudiantes no establecen con claridad las relaciones entre las cualidades del sonido y las magnitudes características de una onda. Por otro lado, Pjuan, Bohigas, Jaen y Periago (2012) concluyen que estudiantes universitarios, entre otras ideas alternativas, asocian una mayor intensidad con una frecuencia más alta.

Estas ideas previas se podrían deducir fácilmente con las preguntas que se plantean en la segunda parte de la actividad. Se tendrían en cuenta a la hora de llevarla a cabo.

## DURACIÓN

El contenido de esta actividad se desarrollaría en una sesión de clase (50 min).

## METODOLOGÍA A SEGUIR

Durante la primera parte de la sesión, destinada a que los alumnos conozcan cómo oímos, los alumnos trabajarán directamente con applets. Este contenido está tratado en cursos anteriores y por este motivo no se desarrolla demasiado. Sin embargo, es necesario que los alumnos tengan conocimientos sobre este contenido.

La segunda parte de la actividad también se basa en una metodología indagatoria que se combinaría con la transmisión de algunos conceptos por parte del profesor.



## DESCRIPCIÓN DETALLADA

### Parte A: PERCEPCIÓN DEL SONIDO

Con el fin de que los alumnos conozcan cómo funciona el oído trabajarían en el aula con los siguientes recursos:

- a) Construimos un modelo muy simple de oído:  
<http://museovirtual.csic.es/salas/acustica/sonido1/s10.htm>
- b) Imagen y video sobre la percepción del sonido que aparecen en el siguiente enlace:  
[http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio//3000/3212/html/13\\_percpcion\\_del\\_sonido\\_audicin.html](http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio//3000/3212/html/13_percpcion_del_sonido_audicin.html)

El profesor en conexión con esto, explicaría los umbrales de audición y el rango de sonidos audibles (20 Hz a 20000 Hz) junto con los ultrasonidos.

### Parte B: CARACTERÍSTICAS DEL SONIDO

Antes de comenzar la actividad:

El profesor pedirá a los alumnos que representen mediante una gráfica un sonido grave y uno agudo emitido por la guitarra que está tocando, un sonido suave y uno fuerte que de nuevo el profesor tocará con la guitarra y por último el mismo sonido (misma nota con la misma altura) emitido por una guitarra y un violín. Se comentaran primero en pequeño grupo y a continuación con la clase. Una vez hecho esto podrán comprobar sus hipótesis con la siguiente actividad.

## DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

### MATERIAL

Programa Audacity (v1.3.4, versión de uso libre) que permite grabar y analizar sonidos, micrófono conectado al ordenador, varios instrumentos musicales (diapasones de 440 Hz y de 256 Hz, violín, guitarra, teclado y címbalos tibetanos).

### DESARROLLO

Esta actividad se desarrolla en grupos de 4-5 personas.

- 1) Los alumnos tocan con el teclado sonidos graves y a continuación agudos. Observan y analizan las gráficas resultantes con el fin de extraer conclusiones. *¿Cómo se modifican?* El profesor preguntará por ellas a los alumnos. *¿Con qué magnitud se asocia los cambios que muestran las gráficas?*
- 2) A continuación, los alumnos podrán observar y analizar con el ordenador, a través del programa Audacity, las ondas generadas al golpear el diapason y al tocar la misma nota, con el violín, el teclado y la guitarra (el profesor indicará cual es esta

nota en cada instrumento). En este momento el profesor realizará las siguientes preguntas:

- 1) ¿Cuál es la diferencia que se observa en las representaciones de estas ondas? ¿Qué característica muestra la gráfica del diapasón? ¿Cómo se traduce lo que ves? ¿Qué puedes concluir?

A continuación el profesor guiará a los alumnos para ver si son capaces de descubrir que el sonido es característico de cada uno de los instrumentos debido a que no sólo emiten una única frecuencia fundamental sino que aparecen otras más débiles que son características de cada instrumento (los armónicos). Lo que le confiere a cada instrumento su personalidad es precisamente la superposición de armónicos. A la cualidad por la que se distinguen dos sonidos del mismo tono se denomina timbre.

- 2) Los estudiantes ahora tocan el tambor y unas maracas y observan y analizan las gráficas obtenidas. ¿Qué diferencias se observan?
- 3) Los alumnos golpean el diapasón, primero suavemente y después fuerte. ¿Qué diferencia se observa en las gráficas obtenidas? ¿Con qué magnitud se asocia los cambios que muestran las gráficas?

Los alumnos visualmente pueden comprobar que lo que se modifica es la amplitud de la onda en cada situación. Por tanto la intensidad se relaciona con la amplitud.

En este momento el profesor puede pasar a definir desde un punto de vista físico, la intensidad y las variables de las que depende (inversamente proporcional al cuadrado de la distancia y directamente proporcional a la amplitud) y que decrecen con la distancia debido a la atenuación y a la absorción y en relación a esto la ESCALA DE DECIBELIOS, como escala de niveles de intensidad (una escala en dimensiones humanas), ejemplos a través de una tabla comparativa que represente diferentes niveles de ruido (medida en dB) e introducir la problemática asociada a la contaminación acústica por ser uno de los principales problemas medioambientales en Europa, siendo España es el segundo país con mayor nivel de contaminación acústica del mundo después de Japón.

## SINTESIS DE LO APRENDIDO

---

El tono se relaciona con la frecuencia, el timbre con la forma y la intensidad con la amplitud.

Con respecto al timbre: La misma nota musical produce ondas con la misma periodicidad, aunque su forma depende del instrumento seleccionado. Esto se debe a que la nota emitida por cada instrumento corresponde a una onda sonora que consta de varias frecuencias superpuestas, con diferentes amplitudes. A la frecuencia principal (la de mayor amplitud) es la misma en todos los instrumentos, le acompañan otras frecuencias que son múltiplos de la principal y se denominan armónicos (o sobretonos). La combinación de armónicos que acompañan a la frecuencia fundamental depende de las características de cada instrumento.

## APLICACIÓN

---

Contaminación acústica. El exceso de decibelios puede provocar graves alteraciones en la salud de las personas.

Descargar en los siguientes enlaces los documentos:

[http://seaacustica.es/fileadmin/Otras%20publicaciones/En busca del confort acustico perdido.pdf](http://seaacustica.es/fileadmin/Otras%20publicaciones/En_busca_del_confort_acustico_perdido.pdf)

<https://www.aragon.es/estaticos/ImportFiles/09/docs/Ciudadano/SaludPublica/SaludAmbienta/Publicaciones/ruido%20y%20salud-guia%202009.pdf>

Una vez leído contestar a las siguientes cuestiones:

1. ¿Qué tipo de agente es el ruido?
2. ¿Qué son y en qué unidades se miden la frecuencia y el nivel sonoro?
3. ¿Cuáles son los límites del oído humano?
4. ¿Qué efectos se producen cuando estas expuestos durante mucho tiempo a elevados niveles de ruido?
5. Elaborar una lista de recomendaciones para evitar o minimizar estos efectos
6. ¿Te ha sorprendido lo que has leído?
7. ¿Cuáles son tus principales conclusiones a cerca de este problema medioambiental?

#### PARA INVESTIGAR EN CASA

---

1. ¿En qué consiste el oído absoluto? El profesor en la siguiente sesión haría una demostración con instrumentos sobre esta habilidad.
2. ¿Por qué una cuerda más fina de un instrumento (como la guitarra o el violín) produce sonidos más agudos (a igual longitud y tensión)?
3. ¿Por qué los instrumentos con cuerdas más cortas como en el violín o la viola producen sonidos más agudos que los instrumentos como el violonchelo o el contrabajo? ¿Y la longitud de onda como se modifica? ¿Cuáles son las principales diferencias entre el violín, viola y violonchelo?
4. Coge una guitarra y tensa la cuerda que está aflojada a la vez que vas tocándola, analiza cómo influye esta operación en las siguientes magnitudes: velocidad de propagación de las ondas y frecuencia del sonido.
5. Ahora busca la fórmula de Mersenne que relaciona la frecuencia de vibración de una cuerda de un instrumento con la tensión, el grosor y la longitud y trata de responder a las mismas preguntas.

## SEPTIMA SESIÓN

---

### Actividades de ampliación: LA RESONANCIA Y LOS ARMÓNICOS

#### OBJETIVOS

✓ Conocer, reproducir y analizar el fenómeno de la resonancia, que fácilmente se observa en algunas situaciones cotidianas, a partir de instrumentos musicales.

✓ Encontrar la relación matemática existente entre la longitud de onda armónica con el largo de la cuerda a través de la excitación de armónicos.

## CONTENIDOS

Resonancia, armónicos, ondas estacionarias (en cuerdas y placas), puntos de máxima amplitud y amplitud nula, (nodo y vientre), frecuencia fundamental

## IDENTIFICACIÓN DE DIFICULTADES

En principio, no se observan dificultades asociadas a estas actividades.

## DURACIÓN

Las actividades propuestas en esta sección se llevarían a cabo en una sesión de clase.

## METODOLOGÍA

Esta actividad pretende seguir una metodología indagatoria siguiendo el modelo de Kolb. Se realiza a través de preguntas abiertas y pequeñas experiencias.

## DESCRIPCIÓN DETALLADA

La sesión comenzaría con el planteamiento por parte del profesor de estas tres situaciones familiares para los alumnos y preguntándoles después si han presenciado estos fenómenos alguna vez:

1. Te encuentras escuchando música en tu habitación con el volumen alto y de pronto te das cuenta de que algunos vidrios de tus ventanas comienzan a temblar.
2. Una cantante o violinista se encuentran interpretando al lado de un piano vertical o de cola, después de ciertos tonos pueden oírse sonidos emitidos por las cuerdas de dicho instrumento.
3. Alguien rompe una copa de vidrio con solo su voz.

A continuación, el profesor preguntaría a los estudiantes *¿Cuál crees que es el origen que tienen en común todos estos fenómenos?* Se daría tiempo a los estudiantes a contestar en voz alta con el fin de que exploren las ideas que hay detrás de estas situaciones

Después los alumnos realizarían las siguientes actividades (etapa de exploración):

## ACTIVIDAD A: DESCUBRIENDO LA RESONANCIA

Material necesario: un martillo, 2 diapasones de 440 Hz con caja de resonancia y 2 diapasones de 256 Hz con caja resonancia. Los estudiantes llevarían a cabo la siguiente secuencia:



- 1) Colocar los dos diapasones (de la misma frecuencia) juntos, y golpear uno. Anota lo que sucede.
- 2) Ahora coloca los diapasones con una distancia de aproximadamente medio metro de separación, luego golpea uno con el martillo. Anota lo que sucede.
- 3) Ahora hazlo con los otros dos diapasones de diferente frecuencia. Anota lo que sucede.
- 4) Coloca los cuatro diapasones cerca uno de otro, colocándolos en los vértices de una cruz cuadrada, golpea uno y detenlo. Anota lo que sucede.
- 5) Golpea otro de diferente frecuencia con el martillo y detenlo. Anota lo que sucede.

El profesor preguntaría a los alumnos *¿Cuál es la explicación que le puedes dar a estos sucesos? ¿Por qué crees que no suenan los cuatro diapasones y sí uno de ellos en la etapa 4)?*. Para que expliquen lo que están viendo y escuchando y las conclusiones a las que llegan. Tras una pequeña puesta en común y que el profesor tratara de que los alumnos descubrieran en qué consiste la resonancia completaría él en que consiste.

## SINTESIS DE LO APRENDIDO

---

Este fenómeno que se acaba de estudiar es conocido como resonancia. Ésta se produce cuando un cuerpo capaz de vibrar es sometido a la acción de una fuerza periódica, cuyo periodo de vibración coincide con el periodo de vibración característico de dicho cuerpo. En estas circunstancias el cuerpo vibra, aumentando de forma progresiva la amplitud del movimiento tras cada una de las actuaciones sucesivas de la fuerza. Para que este fenómeno se produzca las frecuencias deben ser exactamente las mismas. En otras palabras, la resonancia es la transmisión de la vibración de un cuerpo a otro si coinciden las frecuencias o sus múltiplos (los armónicos).

Una forma de poner de manifiesto este fenómeno consiste en tomar dos diapasones capaces de emitir un sonido de la misma frecuencia y colocados próximos el uno del otro, cuando hacemos vibrar uno, el otro emite, de manera espontánea, el mismo sonido, debido a que las ondas sonoras generadas por el primero presionan a través del aire al segundo mientras que si tienen frecuencias diferentes no entran en resonancia.

## APLICACIÓN

---

Caja de resonancia de los instrumentos, *¿Cuál es el fundamento físico de la caja de resonancia en determinados instrumentos musicales?*

Esta pregunta también la haría el profesor. La respuesta se construiría entre toda la clase. En este momento el profesor haría de guía para ayudar a los alumnos a construir la respuesta

La caja de resonancia cumple la función de amplificar y modular el sonido. Al vibrar la cuerda se genera una onda omnidireccional, la caja de resonancia toma gran

parte de la onda generada. En ella se concentran las múltiples ondas que está generando el instrumento, y también dentro de ella se produce el fenómeno de interferencia, mayormente como interferencias constructivas, y es por ello que la caja de resonancia amplifica el sonido de los instrumentos que usan este mecanismo. Además modula el sonido porque introduce realces significativos de unas gamas de frecuencias respecto a otras, imponiendo determinados picos y valles en ciertas frecuencias, es decir, atenuará o amplificará los armónicos generados por la cuerda, estableciendo así un patrón de resonancias que es característico de cada instrumento.

### PARA INVESTIGAR EN CASA

---

- ✓ Investiga por qué algunos edificios se caen cuando hay terremotos y otros no lo hacen, siendo que están bastante cerca.
- ✓ Investiga por qué no se permite el paso por puentes de tropas marcando el paso.
- ✓ ¿Te has acercado alguna vez una caracola al oído? ¿A qué crees que se debe el sonido que se percibe?
- ✓ ¿Qué es el resonador de Helmholtz? Descríbelo brevemente y relaciona su fórmula con lo siguiente: si tenemos varias botellas idénticas y cada una se llena con distinta cantidad de agua como se modifica la frecuencia al soplar en cada una de ellas? Relaciona el volumen de agua con la frecuencia obtenida. Prueba el experimento en casa.

### EXPERIMENTA EN CASA

---

Este experimento necesita dos personas. Cada una de ellas, con una botella de vidrio, que se mantendrá siempre en posición vertical. Las personas se situarán a dos metros aproximadamente una de la otra. Se necesitan dos botellas iguales de vidrio

- Primer experimento: Las dos botellas estarán vacías. Una de las personas colocará la boca de su botella junto a uno de los oídos. La otra persona soplará por la boca de su botella para que emita un sonido (el chorro de aire debe incidir oblicuamente en la boca de la botella).
- Segundo experimento: Se repite la experiencia anterior, pero ahora una de las botellas estará vacía y la otra con agua hasta la mitad.

¿Qué sucede? ¿Cómo se explica?

### ACTIVIDAD B: ARMÓNICOS (EN ONDAS ESTACIONARIAS)

Antes de comenzar la sesión, el profesor introducirá esta actividad comentando lo siguiente:

Algunos guitarristas afinan las cuerdas de su guitarra a través de los armónicos. Las preguntas que me surgen a raíz de esto son, ¿Dónde puedo encontrar estos armónicos? ¿Tendrán las mismas distancias? ¿Habrà alguna relación entre los armónicos que podamos generar? ¿Por qué se pueden producir estos armónicos en la guitarra? Comenta con tus compañeros estas preguntas y plantea una hipótesis para dar respuesta a algunas de ellas.



Antes de comenzar la actividad es necesario que los alumnos conozcan qué son las ondas estacionarias, un armónico y una frecuencia fundamental. El profesor introducirá estos conceptos, presentando en el caso del armónico tres definiciones:

1. Sonido que se produce de forma natural por la vibración de las ondas sonoras y acompaña a uno fundamental o básico, siendo esta frecuencia fundamental la frecuencia resonante más baja y siendo un armónico un número entero, múltiplo de la frecuencia fundamental.
2. En acústica, se dice que un sonido es armónico cuando su frecuencia es múltiplo de la de un sonido fundamental.
3. En música, dicese del sonido que se obtiene en los instrumentos musicales de cuerda, apoyando suavemente el dedo en determinados puntos de una cuerda en vibración.

## DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

Material: Una guitarra

- 1) Buscando armónicos en la guitarra ¿Cómo hacerlo?

Según se ha mencionado al hacer vibrar una cuerda y rozar suavemente en algunos trastes se generan tonos puros a los cuales llamamos armónicos.

- a) 1º armónico: Para encontrar la frecuencia fundamental (o el primer armónico) en la cuerda de una guitarra, basta con tocar la cuerda al aire, de esta manera encontramos el primer armónico.
- b) En la primera cuerda de la guitarra (contando desde abajo hacia arriba) encuentra el segundo armónico tocando en el traste número doce. Anota la distancia que existe hasta dicho traste, dibuja lo que pasa con el segundo armónico.
- c) En la misma cuerda encuentra los demás armónicos. Anota las distancias a las cuales se encuentran. Dibuja el tercer y cuarto armónico. Ten en cuenta que no todas las notas serán iguales; sin embargo, debes encontrar puntos donde se oiga un sonido puro (estos serán armónicos).

En la siguiente tabla anota los resultados

DISTANCIAS (m)				Nº DEL ARMÓNICO
				1 (fundamental)
				2
				3
				4

¿Qué relación existe entre el primer armónico y los demás?

- 2) Repite el procedimiento de la actividad 1) cambiando el largo de la cuerda, colocando una cejilla en algún puente de la cuerda. Anota tus resultados en la siguiente tabla:

DISTANCIAS (m)				Nº DEL ARMÓNICO
				1 (fundamental)
				2
				3
				4

De nuevo, ¿Qué relación existe entre el primer armónico y los demás?

¿Podríamos establecer alguna relación matemática entre dichas distancias?

En este punto se deben compartir y verificar las respuestas de los alumnos, y se consensua las informaciones aportadas. El docente tiene que guiar a los alumnos a generar las siguientes conclusiones:

La longitud de onda de una cuerda viene dada por la siguiente expresión matemática:

Si llamamos L al largo de alguna cuerda que está sujeta y tensa entre dos puntos (nodos):

1. Para conocer la longitud de onda del primer armónico, se tiene la siguiente relación:  $\lambda_1 = 2L$
2. La longitud de onda del segundo armónico es:  $\lambda_2 = 2L$
3. La longitud de onda del tercer armónico se encuentra en:  $\lambda_3 = 2L/3$

Por lo tanto la expresión para conocer la longitud de onda de los primeros armónicos ( $\lambda_3, \lambda_4, \lambda_5$ ) con relación al largo de la cuerda está dado por:

$$\lambda_n = L \frac{[]}{[]}$$

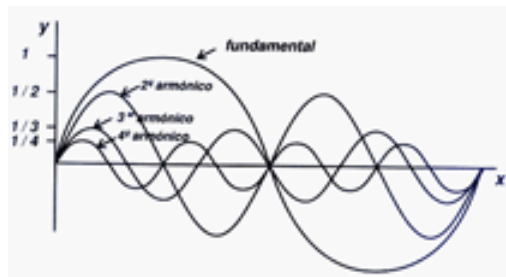
Tras este experimento el profesor explica la ecuación de ondas resultante (que se propaga en una cuerda) y cómo calcular, a través de la ecuación de ondas, los nodos (elementos de la cuerda que no vibran) y vientres (elementos de la cuerda que vibran con máxima amplitud), además de lo que se incluye en el apartado *síntesis de lo aprendido*.

#### SINTESIS DE LO APRENDIDO:

Con respecto a las ondas estacionarias: Cuando se confinan las ondas en una región del espacio mediante fronteras, estas ondas se reflejan hacia delante y hacia atrás en dichas fronteras (nodos) se originan ondas estacionarias. Son el resultado de la interferencia de dos ondas idénticas (la incidente y la reflejada) que se propagan en sentidos contrarios. En definitiva, la cuerda oscila con una superposición de dos ondas viajeras propagándose en sentidos opuestos pero con todos sus parámetros iguales (amplitud, número de onda, longitud de onda, frecuencia, período).

Con respecto a los armónicos: En el caso concreto de la guitarra y de otros instrumentos de cuerda, la longitud limitada de la cuerda limita los modos en que esta

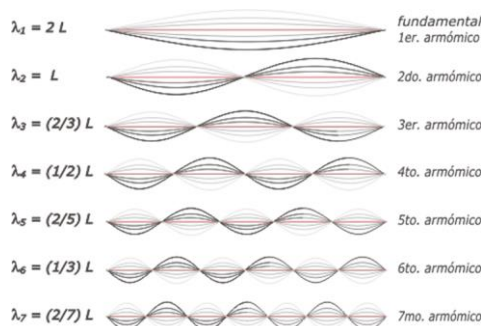
puede vibrar. Cada uno de estos modos se llama armónico. Los armónicos son una parte importante de toda nota. Cada vez que se pulsa una cuerda de la guitarra, empieza a vibrar según un patrón complicado, y el sonido que produce se compone de varios elementos.



El componente básico del sonido es la fundamental, que es el elemento que más fuerte se oye, y que identificamos con la tonalidad de la nota. Es el sonido producido cuando la cuerda vibra en una sola onda en toda su longitud. Al mismo tiempo, la cuerda produce una serie de armónicos o parciales superiores, que son tonos con frecuencias múltiplos de la

frecuencia de la fundamental, y que se generan por que la cuerda también vibra simultáneamente en ondas más cortas. En este sentido, en determinadas condiciones se puede generar (excitar) una onda donde predomine un armónico que no es el fundamental.

2º armónico: Poniendo el dedo sobre una cuerda en el 12º traste, se la divide en dos longitudes iguales. Si en ese momento se pulsa la cuerda, se crea un armónico artificial, una octava por encima de la cuerda al aire. En el contexto de los armónicos artificiales, se le llama primer armónico a esta octava nota, y no a la fundamental. Lo que sucede es lo siguiente: al poner el dedo en la cuerda se crea un nodo o punto nodal donde la cuerda no vibra. Esto altera el patrón de vibración que la cuerda tendría al aire, y se impide que suene la fundamental y los otros armónicos. A cada lado del nodo, las dos mitades de la cuerda vibran en contraste de fase y producen el armónico artificial. Una situación análoga ocurre con el resto de armónicos.



La fundamental (cuerda al aire): en el sonido están la fundamental y todos los armónicos, pero la fundamental es predominante.

1º armónico (traste 12): la cuerda vibra en dos longitudes iguales, dando un armónico artificial una octava por encima de la cuerda al aire.

2º armónico (traste 7 y traste 19): la cuerda vibra en tres longitudes iguales

3º armónico (traste 5): la cuerda vibra en cuatro longitudes iguales

4º armónico (traste 4, 9 y 16): La cuerda vibra en cinco longitudes iguales

5º armónico (traste  $3 \frac{1}{3}$ ): la cuerda vibra en seis longitudes iguales

## APLICACIÓN

Los violinistas y los que tocan algunos instrumentos de viento como el trombón también producen este fenómeno. Investiga el procedimiento que realizan. Te ayudará

ver el siguiente video de la violinista Anne Akiko Meyers en la que podemos apreciar al comienzo de la pieza algunos pasajes con diferentes tipos de armónicos (observa su mano izquierda)

<https://www.youtube.com/watch?list=RD7PS5QMsGaRw&v=7PS5QMsGaRw>

---

### INVESTIGAR EN CASA

---

Ondas estacionarias en una placa cuadrada: Figuras de Chladni.

Visualiza y elabora un breve resumen sobre lo que has encontrado a cerca de este experimento y de esta persona ¿Cuál es el fundamento teórico? ¿Qué te ha parecido este experimento? ¿Qué es lo que más te ha llamado la atención?

A modo de curiosidad, observa los modos de resonancia de una caja de violín, obtenidos mediante el Método de Chladni:



---

### REFUERZO

---

Vídeo muy interesante donde se explican todos los fenómenos vistos en esta actividad: <https://www.youtube.com/watch?v=xcHbm0vXFFE>

Ondas estacionarias en cuerdas: [http://e-ducativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/3000/3212/html/21\\_ondas\\_estacionarias\\_en\\_cuerdas.html](http://e-ducativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/3000/3212/html/21_ondas_estacionarias_en_cuerdas.html)

Antes de terminar este apartado, se llevaría a cabo una última sesión a modo de **RECAPITULACIÓN DEL CONTENIDO TRABAJADO**. En esta sesión se revisarían las cuestiones iniciales y las actividades para investigar en casa. Por último se resolverían las dudas que pudieran tener los alumnos y se realizaría la encuesta de evaluación.

## ANEXO 12. EVALUACION para el trabajo 2

### EVALUACIÓN PROCESO DE APRENDIZAJE

Los instrumentos de evaluación para este proyecto son: **a)** la observación en el aula, utilizando los registros del profesor en los que se incluyan aspectos como el interés tanto individual como en grupo, la participación, la actitud, el esfuerzo, las habilidades y destrezas durante la experimentación, la limpieza, el cuidado del material, rendimiento y **b)** un cuestionario de respuesta abierta.

Dado que este proyecto se ha diseñado principalmente en la resolución de preguntas antes y después de la experimentación, considero que lo más adecuado/ajustado para evaluar el proceso de aprendizaje es a través de un cuestionario de preguntas en el que también se incluiría algún problema o ejercicio. Éste ha sido elaborado con los contenidos trabajados en las diferentes sesiones que se han tratado en el proyecto

Del mismo modo se considera necesario que sea un proceso continuo y formativo con el fin de conseguir ir mejorando el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Algunas preguntas para la evaluación relacionadas con la Física en los instrumentos serían las siguientes:

1. Sabrías decir en qué consiste el sonido y cómo se propaga
2. ¿Por qué la luz se propaga en el vacío y en cambio el sonido no?
3. ¿Qué ocurre con la longitud de onda cuando se duplica la frecuencia? ¿Cómo varía la velocidad de una onda cuando se duplica la frecuencia?
4. Dos ondas de igual amplitud se propagan con frecuencia de 225 Hz y 450 Hz ¿Cuál propaga con más energía? ¿Cual tiene mayor intensidad?
5. ¿Por qué la velocidad del sonido en los sólidos es mayor que en los líquidos y en los gases?
6. ¿Por qué es diferente, desde el punto de vista físico, el sonido que producen los distintos instrumentos musicales aunque interpreten la misma melodía?
7. ¿Por qué al tensar una cuerda de una guitarra el sonido se hace más agudo?
8. ¿Cuál es el fundamento físico de la caja de resonancia en determinados instrumentos musicales?
9. ¿Por qué “suena” un tubo o una botella cuando se sopla sobre su orificio? Y ¿Por qué el sonido que emite un tubo o una botella cuando se sopla sobre su orificio es más agudo cuando el tubo o la botella están parcialmente llenos de agua?
10. ¿Por qué se produce un estampido cuando los aviones traspasan la barrera del sonido?
11. ¿Por qué la voz suena distinta en una cueva o en un sótano que en el aire libre?
12. ¿Cuál es el fundamento del sonar?
13. ¿Por qué de noche y en las madrugadas de invierno se oyen mejor los sonidos lejanos que durante el día?
14. ¿De qué depende que un auditorio tenga unas buenas condiciones acústicas?
15. ¿Sirve cualquier auditorio para cualquier tipo de uso (sala de conciertos, sala de conferencias, ...)?

16. -Cuando un tren se acerca el ruido que produce es más agudo que cuando se aleja ¿Por qué?
17. ¿Se puede eliminar el ruido con ruido?
18. ¿Es posible escuchar explosiones en el espacio, como sucede en muchas películas de ciencia ficción?
19. ¿Por qué es útil para el oído humano ser insensible a los sonidos de frecuencias inferiores a 20 ciclos por segundo?
20. ¿Desempeñan algún papel, además de servir como decoración, las cortinas y paneles de corcho de los auditorios?
21. ¿Por qué se produce eco en algunos lugares y en otros no?
22. -Si es cierto que el sonido se transmite mejor en un sólido que en el aire, ¿por qué se oye peor el sonido que llega a una habitación cuando la puerta está cerrada?
23. ¿Es posible calcular la distancia a la que deja de oírse una persona que habla con una intensidad y tono normales?
24. ¿Qué produce el murmullo que se escucha dentro de las conchas marinas?
25. Cuando un músico tensa una cuerda de su instrumento, ¿cómo influye esta operación en las magnitudes que se indican? A) velocidad de propagación y b) frecuencia del sonido
26. ¿qué es un diapasón? ¿Qué características sonoras tiene?
27. ¿Cuál es el fundamento físico del procedimiento que se sigue para afinar un piano con un diapasón?
28. ¿Por qué están forradas algunas cuerdas del piano?
29. ¿Es cierto que el sonido de un instrumento musical puede romper una copa de cristal?
30. ¿Por qué algunas personas son capaces de conocer las frecuencias de las notas?
31. ¿Por qué, a veces, al hablar o cantar delante de un piano pueden oírse sonidos emitidos por las cuerdas de dicho instrumento?



## ANEXO 13. RÚBRICAS DE VALORACIÓN para el trabajo 2

Cada una de las preguntas se calificaría usando la siguiente rúbrica:

ASPECTOS A EVALUAR	EXCELENTE (4)	SATISFACTORIO (3)	PUEDE MEJORAR (2)	INSUFICIENTE (1)
COHERENCIA	Sus respuestas son coherentes	Muestra alguna leve incoherencia con respecto a la pregunta	Su respuesta no es demasiado coherente con la pregunta	Su respuesta muestra poca coherencia con la pregunta
CONTENIDO	Su respuesta es completas y muy detalladas	Falta alguna información poco relevante pero es detallada	Falta alguna información importante. No aporta detalles extra	La información es mínima o está equivocada. No da ningún tipo de detalles
ESTRUCTURA	Su respuesta está bien estructurada	Su respuesta es estructurada	Su respuesta muestra elementos inconexos	Apenas hay estructuración en su respuesta
ARGUMENTACIÓN	Su respuesta está muy bien argumentada	Su respuesta está argumentada	Argumenta con alguna imprecisión	Argumenta de forma confusa
VOCABULARIO	Usa una terminología adecuada.	La terminología es en general adecuada, aunque comete pequeños errores	La terminología en general poco adecuada.	Contesta con sus palabras, apenas hace uso de una terminología científica
CONOCIMIENTO GLOBAL	Demuestra mucho conocimiento del hecho y de su significado	Demuestra un buen conocimiento de este hecho y de su significado	Demuestra un conocimiento parcial de este hecho y de su significado	Demuestra poco conocimiento de este hecho y de su significado
ORTOGRAFÍA, PUNTUACIÓN Y GRAMÁTICA	No presenta errores de ortografía, puntuación y gramática	Presenta uno o dos errores de ortografía, puntuación y gramática	Presenta algunos (tres o cuatro errores) de ortografía, puntuación y gramática	Presenta bastantes errores (entre cuatro y seis) de ortografía, puntuación y gramática

**Tabla 1:** Rúbrica de evaluación para cada una de las preguntas del cuestionario

Para la observación en el aula se usaría la siguiente rúbrica (observación-cuaderno profesor):

ASPECTOS A EVALUAR	EXCELENTE (4)	SATISFACTORIO (3)	PUEDE MEJORAR (2)	INSUFICIENTE (1)
CUIDADO DEL MATERIAL	Muestra cuidado en el uso de herramientas, utensilios y material de trabajo,	Se observa levemente descuido en el uso de herramienta utensilios y material de trabajo,	Muestra algo de descuido en el uso de herramienta, utensilios y material de trabajo	Se observa descuido en el uso de herramienta, utensilios y material de trabajo,
ORDEN	Llega con puntualidad y muestra perfecto orden durante el	Se presenta puntualmente a la práctica y muestra orden durante la práctica	Se presenta puntualmente a la práctica pero muestra un poco de desorden	Se presenta puntualmente a la práctica, muestra bastante desorden durante la práctica

	desarrollo de las prácticas.		durante la práctica	
COMPORTAMIENTO	Muestra respeto hacia el profesor y hacia sus compañeros, acata las instrucciones del profesor, y los reglamentos internos de uso del laboratorio	Muestra respeto hacia sus compañeros (menos con uno de ellos) y su profesor, acata las instrucciones del profesor y cumple los reglamentos internos de uso del laboratorio.	Se le hace una llamada de atención por el comportamiento hacia sus compañeros, pero acata las instrucciones del profesor, cumpliendo con los reglamentos internos.	Muestra faltas de respeto entre los compañeros, desacata algunas instrucciones del profesor, incumple algunos puntos del reglamento interno de uso del laboratorio.
DESEMPEÑO DURANTE LA PRACTICA	El equipo muestra mucha organización durante la práctica, conocen las actividades a desarrollar. Llevan a cabo el 100% de las actividades propuestas	El equipo muestra bastante organización durante la práctica, conocen las actividades a desarrollar. Llevan a cabo el 90% de las actividades propuestas	El equipo muestra bastante organización durante la práctica. No conocen claramente las actividades a desarrollar. Llevan a cabo el 80% de las actividades propuestas	El equipo muestra desorganización durante la práctica. No conocen claramente las actividades a desarrollar. Llevan a cabo el 60% de las actividades propuestas
ENTREGA DE MATERIAL	El equipo deja TODO el material en condiciones y listo para volver a ser utilizado.	El equipo deja casi todo el material ordenado y en condiciones para que vuelva a ser usado.	El equipo no deja bastante material ordenado y en condiciones para que vuelva a ser usado.	El equipo deja apenas el material en condiciones para que vuelva a ser usado.
INTERÉS Y ACTITUD	Siempre muestra interés en la clase de forma activa y muestra muy buena actitud	Con frecuencia muestra interés en la clase de forma activa, su actitud suele ser positiva en general	A veces muestra interés a las explicaciones en clase. Su actitud suele ser adecuada. alguna vez hay que llamarle la atención	Muestra muy poco interés en la clase. Su forma de estar es pasiva, con una actitud a veces poco satisfactoria. A veces hay que llamarle la atención porque distrae a los demás.
PARTICIPACIÓN	Participa activamente en las preguntas expuestas por el profesor con toda la clase exponiendo sus hipótesis y argumentos	Participa casi siempre en las preguntas expuestas por el profesor con toda la clase exponiendo sus hipótesis y argumentos	Participa irregularmente en las preguntas expuestas por el profesor con toda la clase	Casi no participa en las preguntas expuestas por el profesor con toda la clase
ATENCIÓN	Presta atención durante las explicaciones del profesor y de sus compañeros	Presta atención durante casi todo el rato a las explicaciones del profesor y de sus compañeros	Presta atención durante la mitad de la sesión a las explicaciones del profesor y de sus compañeros	Casi no presta a atención a las explicaciones del profesor y de sus compañeros
RESPECTO	Respeto las opiniones y el trabajo del resto de sus compañeros	Casi siempre respeta las opiniones y el trabajo del resto de sus compañeros	A veces no respeta las opiniones y el trabajo del resto de sus compañeros	Casi nunca respeta las opiniones y el trabajo del resto de sus compañeros

**Tabla 2:** Rúbrica de evaluación de la observación del profesor en el aula

## ANEXO 14. ENCUESTA DE EVALUACIÓN ALUMNNOS para el trabajo 2

ENCUESTA PARA LOS ALUMNOS				
PUNTOS A VALORAR	PUNTUACIÓN			
	1: Nada; 2: Poco; 3: Bastante; 4: Mucho			
	1	2	3	4
La nueva metodología ha aumentado mi motivación por la materia				
La nueva propuesta me ha parecido interesante				
La nueva metodología ha despertado mi curiosidad y mi interés por aprender más ciencia o/y física en particular				
Las clases han sido más amenas y divertidas				
El aprendizaje de conceptos se realiza más fácilmente con esta metodología				
Ha mejorado el nivel de comprensión de conceptos y habilidades				
He aprendido a generar conocimientos a partir de experiencias sencillas				
Me ha servido para reconocer y transferir los conceptos a otros contextos				
Me ha servido para reconocer los conceptos curriculares con fenómenos de la vida cotidiana				
Con esta metodología he aprendido a establecer hipótesis coherentes.				
Con esta metodología he aprendido a argumentar basándome en pruebas experimentales				
He reconocido el potencial de trabajar en equipo				
Me ha servido para desarrollar y mejorar mis habilidades sociales y de trabajo en equipo				
Me gustaría realizar más actividades con esta metodología				
Me gustaría que se aplicara a estas metodologías en otras asignaturas.				

¿Cuál/es?				
Con esta metodología el profesor consigue aumentar la participación de los estudiantes.				
Puntuación total que le das a la propuesta (sobre 10 puntos)				
Cosas que te han gustado				
¿Qué aspectos mejorarías?				
¿Qué ventajas y desventajas tiene para ti trabajar con la metodología usada en este proyecto?				
¿Cómo consideras que ha sido tu aprendizaje después de realizar todas las actividades, comparado con la metodología tradicional?				

## ANEXO 15. REFUERZOS ADICIONALES DEL CONTENIDO TRABAJADO para el trabajo 2

Se presentan diferentes recursos y curiosidades donde los alumnos podrán reforzar y ampliar algunos de los contenidos tratados en este proyecto.

- ✓ Vídeo demostrativo que explica qué es el sonido, cómo se propaga, qué es el timbre, los armónicos o la resonancia:  
<https://www.youtube.com/watch?v=NU9aeHLmD-Q>
- ✓ Música con vasos de agua: <https://www.youtube.com/watch?v=XKRj-T4l-e8>  
<https://www.youtube.com/watch?v=hK9eQvyf1zE>
- ✓ Museo virtual de la ciencia del CSIC. SALA DE ACÚSTICA.  
<http://museovirtual.csic.es/sala1.htm>
- ✓ Parque de las Ciencias, Granada. *Exposición play. Ciencia y Música*: propuesta interdisciplinar que, en 1.800 m<sup>2</sup>, nos invita a explorar el mundo de la música, incluyendo una amplia colección histórica de instrumentos musicales, laboratorios sonoros, talleres, experimentos científicos, luthiers, música en vivo, experiencias multimedia, audiovisuales, etc. Una oportunidad para comprender y sentir nuestra pasión por la música y por la ciencia.  
<http://www.parqueciencias.com/parqueciencias/exposiciones-temporales/playcienciamusica.html>

## ANEXO 16: GUION DE PRÁCTICAS para el trabajo 2

DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DE LA VELOCIDAD  
DEL SONIDO EN EL AIRE Y EN DOS SÓLIDOS

## OBJETIVOS

- Determinar la velocidad del sonido en el aire y el coeficiente adiabático del mismo y en dos sólidos a través de dos experiencias diferentes.
- Evidenciar el fenómeno de la resonancia.

## 1. DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DEL SONIDO EN EL AIRE

1. MATERIAL

- ✓ Tubo de resonancia dispuesto verticalmente y provisto de un sistema adecuado para variar el nivel de agua en el mismo.
- ✓ Diapasón.
- ✓ Martillo de caucho.
- ✓ Regla graduada.

2. FUNDAMENTOVelocidad del sonido en el aire.

Las ondas sonoras son ondas mecánicas longitudinales, que pueden propagarse en los medios materiales (sólidos, líquidos y gases). Si el medio en que se propaga la onda sonora es un gas, tal como el aire, la velocidad de propagación viene dada por:

$$V = \sqrt{\frac{\beta}{\rho}} \quad (1)$$

siendo  $\beta$  el *módulo de compresibilidad* del medio y  $\rho$  su *densidad*.

Si admitimos que las transformaciones que acompañan a la propagación del sonido en el aire (es decir, las compresiones y enrarecimientos) tienen carácter adiabático (ya que son muy rápidas) y que el aire se comporta como un gas ideal, entonces podremos escribir:

$$\beta = \gamma P \quad (2)$$



donde  $\gamma$  es el llamado *coeficiente adiabático* y representa el cociente entre los calores molares a presión y a volumen constante ( $\gamma = C_p/C_v$ ) y  $P$  es la presión del gas (la presión atmosférica).

Sustituyendo la expresión (2) en la (1) y utilizando la ecuación de estado del gas ideal ( $pV = nRT$ ) obtenemos:

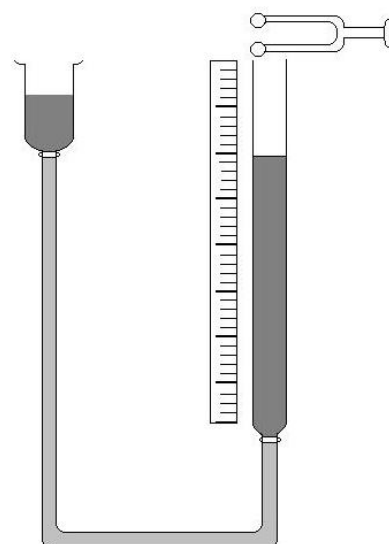
$$V = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}} \quad (3)$$

donde  $R$  es la *constante universal de los gases*,  $M$  es la *masa molecular del gas* (la masa molecular media del aire es 28,9 g/mol) y  $T$  su *temperatura absoluta*.

### Resonancia.

Cuando un cuerpo capaz de vibrar se somete a una fuerza periódica del mismo periodo que su vibración característica (cuando el rozamiento es prácticamente nulo) vibra aumentando extraordinariamente la amplitud del movimiento en las sucesivas actuaciones de la fuerza. Este fenómeno es conocido con el nombre de resonancia.

En este caso, se produce una intensificación en el sonido emitido. Cuando la columna de aire vibra con la misma frecuencia que el diapasón, es decir, cuando se produce la resonancia.



Al transmitirse el sonido en el aire del tubo que está cerrado por un extremo y abierto por el otro, éste se refleja en la superficie del agua y vuelve hacia el diapasón. Así, en la columna de aire se establece una onda estacionaria, producida por la interferencia entre el tren de ondas incidente y reflejado.

Estas ondas estacionarias formadas en los tubos tienen unas frecuencias que dependen de la longitud de los mismos. En este caso, se forma una onda con un nodo en el extremo cerrado del tubo y un vientre en el extremo abierto. La longitud de onda de esa onda estacionaria viene dada por la expresión:

$$\lambda = 4L/(2n-1)$$

Donde  $L$  es la longitud de la columna de aire y  $n$  toma valores enteros 1, 2, 3,..... Es decir, la columna de aire entrará en resonancia siempre que su longitud sea exactamente un múltiplo impar de cuartos de longitud de onda.

Teniendo en cuenta que la velocidad de propagación  $v$  de una onda, su longitud de onda  $\lambda$  y su frecuencia  $f$  existe la relación:

$$v_{\text{aire}} = \lambda * f$$

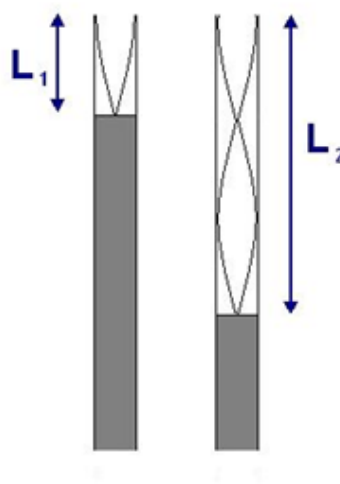
$$\text{Por tanto, } f = v_{\text{aire}} / \lambda = (2n-1) * v_{\text{aire}} / 4L$$

Haciendo medidas de las longitudes ( $L_1, L_2, L_3, \dots$ ) para resonancias consecutivas que corresponden a ondas estacionarias cuya frecuencia coincide con la del diapasón (que vibra con una frecuencia fija y conocida), y que por tanto, cumplirán la expresión anterior, se puede calcular el valor de  $n$ . De modo que para dos resonancias consecutivas, se tienen las siguientes ecuaciones que nos permiten calcular  $v_{\text{aire}}$ :

$$\left. \begin{array}{l} (2n-1) * v_{\text{aire}} / 4L_1 = f \\ [2(n+1)-1] * v_{\text{aire}} / 4L_2 = f \end{array} \right\}$$

#### Tubo de resonancia.

El aparato utilizado en esta práctica consiste en un tubo de vidrio, de unos 100 cm de largo y unos 3 cm de diámetro interior, colocado en una posición vertical y comunicado por su extremo inferior mediante un tubo de caucho, con un depósito de agua cuya altura puede regularse a fin de hacer variar el nivel de agua en el tubo resonante. En lugar del depósito, puede conectarse el tubo de caucho a un grifo del laboratorio, intercalando una llave en T para hacer posible el vaciado del tubo resonante. La longitud de la columna de aire se puede así modificar introduciendo o sacando agua del tubo resonante.



Modo fundamental y primer armónico de un tubo (semi)cerrado;  $L$ : longitud del tubo,  $\lambda$ : longitud de onda.  $L_1 = \lambda/4$  y  $L_2 = 3\lambda/4$

### **3. PROCEDIMIENTO**

- 1) Coloca el diapasón cerca del extremo superior del tubo de resonancia, de modo que al vibrar lo haga según el eje del tubo y que casi roce con el borde del mismo.
- 2) Llena de agua el tubo hasta cerca de su borde.

- 3) Golpea el diapasón con el martillo de caucho. Mientras el diapasón está vibrando, haz descender lentamente el nivel del agua en el tubo hasta que se produzca la resonancia. Se reconoce porque se produce una intensificación del sonido, fácilmente audible, aún cuando el sonido que procede directamente del diapasón apenas lo sea.
- 4) Una vez que se ha determinado aproximadamente la posición del primer punto de resonancia, se procede a su determinación lo más exacta posible, unas veces subiendo lentamente el nivel de agua y otras veces bajándolo lentamente. Entonces se mide la distancia  $L_1$  de dicho punto hasta el borde del tubo (parte no sumergida).
- 5) Se procede de un modo análogo a lo indicado en 3) y 4) para localizar el segundo punto donde se encuentra resonancia. Se anota  $L_2$  como la distancia de dicho punto al borde superior del tubo.
- 6) Utilizando las expresiones dadas, se determina la velocidad del sonido en el aire. Con el valor de  $v$  así determinado y con la frecuencia  $f$  del diapasón (que viene grabado sobre el mismo), se calcula la longitud de onda,  $\lambda$ , del sonido emitido
- 7) Se lee y anota la presión atmosférica y la temperatura ambiente dada por el barómetro del laboratorio y con estos datos se calcula, a partir de los resultados anteriores, el valor del *coeficiente adiabático* ( $\gamma$ ) y el *módulo de compresibilidad* ( $B$ ) del aire utilizando las expresiones (2) y (3).

#### APLICACIÓN

---

¿Cómo podrías calcular la distancia a la que se encuentra una tormenta de forma sencilla?

Explica por qué el sonido se transmite más deprisa en el aire caliente que en el aire frío.

#### PROBLEMAS

---

Calcula la velocidad con que se propaga el sonido en el aire a la temperatura de 25 °C

La velocidad del sonido en un gas a 10 °C es 200 m/s ¿Cuál será la velocidad del sonido en dicho gas si la temperatura aumenta hasta 20 °C?

## 2. DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DEL SONIDO EN SÓLIDOS

#### MATERIAL

- ~ Varilla maciza de aluminio de un metro de longitud y un centímetro de grosor
- ~ Varilla maciza de latón de un metro de longitud y un centímetro de grosor
- ~ Resina de violín.
- ~ Ordenador con programa Audacity (permite grabar y visualizar el sonido)

## **FUNDAMENTO**

Al frotar longitudinalmente una varilla de un metal el dedo índice y pulgar impregnados de resina de violín, mientras se sujeta por el centro de la otra mano se generan ondas estacionarias con vientres en los extremos de la varilla. También se pueden obtener ondas estacionarias de mayor frecuencia sujetando la varilla a distancias de  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{8}$ , etc, de su extremo (sujetando en este caso la varilla verticalmente, dado que su masa no queda distribuida por igual a ambos lados del punto de apoyo).

La resina aumenta la fricción entre los dedos y la barra, de tal manera que éstos se van deteniendo y deslizando (de manera imperceptible para el ojo humano). La fricción de los dedos genera una vibración longitudinal en la barra. La amplitud de esta vibración aumenta si se mueven los dedos al ritmo adecuado, para conseguir que la barra entre en resonancia.

Si se sujeta una varilla por el centro y se hace vibrar longitudinalmente, el sonido fundamental se producirá con un nodo de desplazamiento en el centro y un vientre de desplazamiento en cada extremo. Por tanto, la longitud de onda,  $\lambda$ , será el doble de la longitud de la varilla,  $L$ .

Si se sujeta la varilla a una distancia  $L/4$  de un extremo, el sonido fundamental se producirá con dos nodos (uno de ellos en el punto de sujeción) y tres vientres (dos de ellos en los extremos). Por tanto, la longitud de onda,  $\lambda'$ , será igual a la longitud de la varilla,  $L$ .

Como  $\lambda' < \lambda$  y las longitudes de onda son inversamente proporcionales a las frecuencias, se cumplirá que  $f' > f$ . En consecuencia, el sonido emitido es más agudo en el segundo caso que en el primero.

De nuevo, la frecuencia  $f$  de las ondas estacionarias que se forman en la varilla con sus extremos libre solo pueden tomar los valores discretos

$$f = n \cdot v_{\text{varilla}} / 2L \text{ donde } n = 1, 2, 3, \dots \text{ es el número de nodos} \quad (1)$$

## **PROCEDIMIENTO**

1) Se graba el sonido generado en una varilla de aluminio que se obtiene al frotarla longitudinalmente con el dedo índice y pulgar impregnados de resina de violín, mientras se sujeta por el centro con los dedos índice y pulgar de la otra mano.

Para conseguir el efecto deseado se desplazan los dedos untados en colofonia sobre la barra, desde el centro hasta uno de los extremos, con velocidad constante, ejerciendo una leve presión y un ritmo acompasado al sonido que se emite. Al llegar al extremo repite el proceso de forma regular. Se requiere cierta práctica para conseguir el efecto deseado.

- 2) una vez registrado el sonido, se analiza su espectro para obtener las frecuencias que contienen y representarlas en función del número de nodos,  $n$ , de acuerdo con la ecuación (1). Se obtienen una gran cantidad de armónicos.
- 3) Se repiten los pasos 1) y 2) con una varilla de latón.
- 4) A partir de la pendiente de la recta y conociendo la longitud  $L$  de la varilla determina la velocidad del sonido en el material que está hecha la varilla.
- 5) Compara los resultados obtenidos con los teóricos y con el valor obtenido de la primera experiencia. ¿Estos resultados están de acuerdo con tus hipótesis iniciales?
- 6) Genera ondas estacionarias sujetando la varilla a distancias de  $1/4$  y  $1/8$ , sujetando en este caso la varilla verticalmente, ¿Cómo varía el sonido? ¿Cómo se puede explicar?

---

**Para pensar**

Teniendo en cuenta que la velocidad de propagación del sonido en una cuerda es:  $v = \sqrt{\frac{F}{\eta}}$

Donde  $F$  es la tensión de la cuerda y  $\eta$  es la densidad lineal de la cuerda (masa por unidad de longitud),

Cuando todas las cuerdas de una guitarra se estiran a la misma tensión ¿la velocidad de una onda que viaja sobre la cuerda más gruesa será mayor o menor que la de una onda que viaja sobre la cuerda más ligera?

---

**Para investigar en casa**

¿Qué es la barrera del sonido y cómo y por qué se rompe?

¿Cuál es la velocidad del sonido en el agua?

## ANEXO 17: Fragmento del currículo de Física de 2º de bachillerato (Orden ECD/494/2016, de 26 de mayo)

FÍSICA		Curso: 2º
<b>BLOQUE 4: Ondas</b>		
<b>CONTENIDOS:</b> Movimiento armónico simple. Clasificación y magnitudes que caracterizan las ondas. Ecuación de las ondas armónicas. Energía e intensidad. Ondas transversales en una cuerda. Fenómenos ondulatorios: interferencia y difracción reflexión y refracción. Efecto Doppler. Ondas longitudinales. El sonido. Energía e intensidad de las ondas sonoras. Contaminación acústica. Aplicaciones tecnológicas del sonido. Ondas electromagnéticas. Naturaleza y propiedades de las ondas electromagnéticas. El espectro electromagnético. Dispersión. El color. Transmisión de la comunicación.		
CRITERIOS DE EVALUACIÓN	COMPETENCIAS CLAVE	ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE EVALUABLES
Crit.FQ.4.1. Conocer el significado físico de los parámetros que describen el movimiento armónico simple (M.A.S) y asociarlo al movimiento de un cuerpo que oscila.	CMCT	Est.FQ.4.1.1. Diseña y describe experiencias que pongan de manifiesto el movimiento armónico simple (M.A.S) y determina las magnitudes involucradas.
		Est.FQ.4.1.2. Interpreta el significado físico de los parámetros que aparecen en la ecuación del movimiento armónico simple.
		Est.FQ.4.1.3. Predice la posición de un oscilador armónico simple conociendo la amplitud, la frecuencia, el período y la fase inicial.
		Est.FQ.4.1.4. Obtiene la posición, velocidad y aceleración en un movimiento armónico simple aplicando las ecuaciones que lo describen.
		Est.FQ.4.1.5. Analiza el comportamiento de la velocidad y de la aceleración de un movimiento armónico simple en función de la elongación.
		Est.FQ.4.1.6. Representa gráficamente la posición, la velocidad y la aceleración del movimiento armónico simple (M.A.S.) en función del tiempo comprobando su periodicidad.
Crit.FIS.4.2. Asociar el movimiento ondulatorio con el movimiento armónico simple.	CMCT	Est.FIS.4.2.1. Compara el significado de las magnitudes características de un M.A.S. con las de una onda y determina la velocidad de propagación de una onda y la de vibración de las partículas que la forman, interpretando ambos resultados.
Crit.FIS.4.3. Identificar en experiencias cotidianas o conocidas los principales tipos de ondas y sus características.	CMCT-CSC	Est.FIS.4.3.1. Explica las diferencias entre ondas longitudinales y transversales a partir de la orientación relativa de la oscilación y de la propagación.
		Est.FIS.4.3.2. Reconoce ejemplos de ondas mecánicas en la vida cotidiana.
Crit.FIS.4.4. Expresar la ecuación de una onda armónica en una cuerda a partir de la propagación de un M.A.S, indicando el significado físico de sus parámetros característicos.	CMCT	Est.FIS.4.4.1. Obtiene las magnitudes características de una onda a partir de su expresión matemática.
		Est.FIS.4.4.2. Escribe e interpreta la expresión matemática de una onda armónica transversal dadas sus magnitudes características.
Crit.FIS.4.5. Interpretar la doble periodicidad de una onda a partir de su frecuencia y su número de onda.	CMCT	Est.FIS.4.5.1. Dada la expresión matemática de una onda, justifica la doble periodicidad con respecto a la posición y el tiempo.
Crit.FIS.4.6. Valorar las ondas como un medio de transporte de energía pero no de masa.	CMCT	Est.FIS.4.6.1. Relaciona la energía mecánica de una onda con su amplitud.
		Est.FIS.4.6.2. Calcula la intensidad de una onda a cierta distancia del foco emisor, empleando la ecuación que relaciona ambas magnitudes.
Crit.FIS.4.7. Utilizar el principio de Huygens para interpretar la propagación de las ondas y los fenómenos ondulatorios.	CMCT	Est.FIS.4.7.1. Explica la propagación de las ondas utilizando el principio de Huygens.
Crit.FIS.4.8. Reconocer la difracción y las interferencias como fenómenos propios del movimiento ondulatorio.	CMCT	Est.FIS.4.8.1. Interpreta los fenómenos de interferencia y la difracción a partir del principio de Huygens.



Crit.FIS.4.9. Emplear la ley de la reflexión y la ley de Snell para explicar los fenómenos de reflexión y refracción.	CMCT	Est.FIS.4.9.1. Experimenta y justifica, aplicando la ley de Snell, el comportamiento de la luz al cambiar de medio, conocidos los índices de refracción.
<b>FÍSICA</b>		<b>Curso: 2º</b>
<b>BLOQUE 4: Ondas</b>		
Crit.FIS.4.10. Relacionar los índices de refracción de dos materiales con el caso concreto de reflexión total.	CMCT-CSC	Est.FIS.4.10.1. Obtiene el coeficiente de refracción de un medio a partir del ángulo formado por la onda reflejada y refractada o calculando el ángulo límite entre este y el aire.
		Est.FIS.4.10.2. Considera el fenómeno de reflexión total como el principio físico subyacente a la propagación de la luz en las fibras ópticas y su relevancia en las telecomunicaciones.
Crit.FIS.4.11. Explicar y reconocer el efecto Doppler en sonidos.	CMCT-CSC	Est.FIS.4.11.1. Reconoce situaciones cotidianas en las que se produce el efecto Doppler, justificándolas de forma cualitativa.
Crit.FIS.4.12. Conocer la escala de medición de la intensidad sonora y su unidad.	CMCT	Est.FIS.4.12.1. Identifica la relación logarítmica entre el nivel de intensidad sonora en decibelios y la intensidad del sonido, aplicándola a casos sencillos que impliquen una o varias fuentes emisoras.
Crit.FIS.4.13. Identificar los efectos de la resonancia en la vida cotidiana: ruido, vibraciones, etc.	CMCT-CSC	Est.FIS.4.13.1. Relaciona la velocidad de propagación del sonido con las características del medio en el que se propaga.
		Est.FIS.4.13.2. Analiza la intensidad de las fuentes de sonido de la vida cotidiana y las clasifica como contaminantes y no contaminantes.
Crit.FIS.4.14. Reconocer determinadas aplicaciones tecnológicas del sonido como las ecografías, radares, sonar, etc.	CMCT-CSC	Est.FIS.4.14.1. Conoce y explica algunas aplicaciones tecnológicas de las ondas sonoras, como la ecografía, radar, sónar, etc.
Crit.FIS.4.15. Establecer las propiedades de la radiación electromagnética como consecuencia de la unificación de la electricidad, el magnetismo y la óptica en una única teoría.	CMCT	Est.FIS.4.15.1. Representa esquemáticamente la propagación de una onda electromagnética, incluyendo los vectores del campo eléctrico y magnético.
		Est.FIS.4.15.2. Interpreta una representación gráfica de la propagación de una onda electromagnética en términos de los campos eléctrico y magnético y de su polarización.
Crit.FIS.4.16. Comprender las características y propiedades de las ondas electromagnéticas, como su longitud de onda, polarización o energía, en fenómenos de la vida cotidiana.	CMCT-CAA-CSC	Est.FIS.4.16.1. Determina experimentalmente la polarización de las ondas electromagnéticas a partir de experiencias sencillas, utilizando objetos empleados en la vida cotidiana.
		Est.FIS.4.16.2. Clasifica casos concretos de ondas electromagnéticas presentes en la vida cotidiana en función de su longitud de onda y su energía.
Crit.FIS.4.17. Identificar el color de los cuerpos como la interacción de la luz con los mismos.	CMCT	Est.FIS.4.17.1. Justifica el color de un objeto en función de la luz absorbida y reflejada, y relaciona el color de una radiación del espectro visible con su frecuencia.
Crit.FIS.4.18. Reconocer los fenómenos ondulatorios estudiados en fenómenos relacionados con la luz.	CMCT	Est.FIS.4.18.1. Analiza los efectos de refracción, difracción e interferencia en casos prácticos sencillos.
Crit.FIS.4.19. Determinar las principales características de la radiación a partir de su situación en el espectro electromagnético.	CMCT	Est.FIS.4.19.1. Establece la naturaleza y características de una onda electromagnética dada su situación en el espectro.
		Est.FIS.4.19.2. Relaciona la energía de una onda electromagnética con su frecuencia, longitud de onda y la velocidad de la luz en el vacío.
Crit.FIS.4.20. Conocer las aplicaciones de las ondas electromagnéticas del espectro no visible.	CMCT-CSC-CIEE	Est.FIS.4.20.1. Reconoce aplicaciones tecnológicas de diferentes tipos de radiaciones, principalmente infrarroja, ultravioleta y microondas.
		Est.FIS.4.20.2. Analiza el efecto de los diferentes tipos de radiación sobre la biosfera en general, y sobre la vida humana en particular.

		Est.FIS.4.20.3. Diseña un circuito eléctrico sencillo capaz de generar ondas electromagnéticas formado por un generador, una bobina y un condensador, describiendo su funcionamiento.
Crít.FIS.4.21. Reconocer que la información se transmite mediante ondas, a través de diferentes soportes.	CMCT	Est.FIS.4.21.1. Explica esquemáticamente el funcionamiento de dispositivos de almacenamiento y transmisión de la información.